

**PERENCANAAN JARINGAN PIPA di PERUMAHAN *THE OZ*  
KELURAHAN KARANG WIDORO KECAMATAN DAU  
KABUPATEN MALANG MENGGUNAKAN APLIKASI  
*SOFTWARE WATERCAD V8i***

**SKRIPSI**

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PENGETAHUAN TEKNIK  
DASAR SDA**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ARION FREDERICK SIHOMBING  
NIM. 145060401111039**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

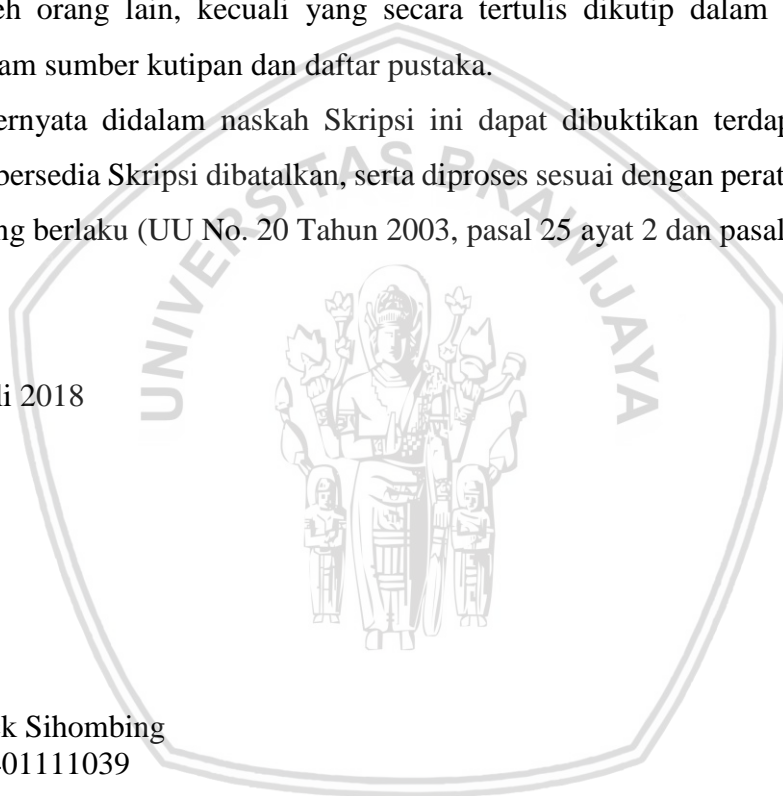
Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang - undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 17 Juli 2018

Mahasiswa,

Arion Frederick Sihombing  
NIM. 145060401111039



## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan penyertaanNya, sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Perencanaan Jaringan Pipa di Perumahan *The OZ* Kelurahan Karang Widoro Kecamatan Dau Kabupaten Malang Menggunakan Aplikasi *Software WaterCAD V8i*”

Laporan Skripsi ini disusun untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Dalam penyusunan laporan ini saya sadar bahwa masih banyak kekurangan yang perlu diperbaiki sehingga saran dan kritik sangatlah diperlukan.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak –pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan laporan ini, antara lain :

1. Bapak Dr. Eng. Riyanto Haribowo, ST., MT selaku dosen pembimbing skripsi yang dengan bijaksana dapat membimbing dan meluangkan waktunya untuk saya dalam proses pengerjaan skripsi ini.
2. Bapak Ir. M. Janu Ismoyo, MT. , Bapak Dr. Very Dermawan, ST., MT. , dan Ibu Rahmah Dara Lufira, ST., MT selaku dosen penguji yang telah berkenan menguji skripsi ini
3. Dosen Pembimbing Akademik Bapak Dr. Ir. Widandi Soetopo, M.Eng yang telah memberikan waktu, motivasi, arahan, dan dukungan selama masa perkuliahaan
4. Kedua Orang Tua yang selalu mendukung dan meyertakan doanya disetiap waktu,serta keluarga besar yang terus memberikan semangat kepada saya.
5. Teman teman kuliah jurusan Teknik Pengairan Unversitas Brawijaya angkatan 2014 yang memberikan banyak nasehat dan semangat dalam pengerjaan skripsi ini.
6. Serta pihak-pihak yang belum terucapkan.

Penulis akui penulis tidaklah sempurna seperti kata pepatah tak ada gading yang tak retak begitu pula dalam penulisan ini, apabila nantinya terdapat kekeliruan dalam penulisan laporan skripsi ini penulis sangat mengharapkan kritik dan sarannya.

Akhir kata semoga laporan seminar usulan skripsi ini dapat memberikan banyak manfaat bagi kita semua.

Malang, Maret 2018

Penyusun

## RINGKASAN

**Arion Frederick Sihombing**, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2018, *Perencanaan Jaringan Pipa di Perumahan The OZ Kelurahan Karang Widoro Kecamatan Dau Kabupaten Malang Menggunakan Aplikasi Software WaterCAD V8i*, Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Riyanto Haribowo, ST., MT.

Adanya pembangunan Perumahan *The OZ* yang nantinya membutuhkan air bersih untuk keberlangsungan hidup masyarakat serta perencanaan yang belum ada di Perumahan *The OZ*. Hal ini yang melatar belakangi agar adanya perencanaan jaringan distribusi air bersih di Perumahan *The OZ* itu sendiri serta memberikan masukan kepada PT. Podo Joyo Masyhur selaku pengembang dalam proyek Perumahan *The OZ*.

Dalam studi ini dilakukan analisa jaringan air bersih dengan bantuan Aplikasi *Software WaterCAD V8i* untuk mengetahui kondisi hidrolis jaringan pipa. Analisa rencana anggaran biaya juga dilakukan dalam studi ini yang meliputi anggaran pengadaan dan pekerjaan pipa saja, hal ini disebabkan karna kondisi pompa dan tandon sudah dalam kondisi eksisting. Dari hasil Rencana Anggaran Biaya kemudian dilakukan analisa ekonomi dengan menggunakan 5 parameter yaitu *Benefit Cost Ratio* (BCR), *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate Return* (IRR), Analisa Pengembalian (*payback periode*), Analisa Sensivitas.

Dari Hasil Perencanaan Kebutuhan Air Bersih didapatkan bahwa kebutuhan air di Perumahan *The OZ* adalah sebesar 3,4 lt/dt, jika dilihat dari sumber air yang ada sebesar 10 lt/dt, mampu memenuhi kebutuhan masyarakat di Perumahan *The OZ*. Dari hasil simulasi jaringan pipa menggunakan Aplikasi *Software WaterCAD V8*, bahwa sistem jaringan pipa dapat berjalan dengan baik. Hal ini didasarkan kondisi tekanan, *headloss gradient*, dan kecepatan telah sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan dalam SNI. Anggaran Biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan ini sebesar Rp. 64.819.000,-.

Analisa Ekonomi pada tingkat suku bunga 4,25% didapatkan nilai Rasio Biaya Manfaat (B/C) sebesar 1,10450, nilai *Net Present Value* didapatkan sebesar Rp. 5.046.036,66,- . Tingkat Pengembalian Internal (IRR) sebesar 8,914192% pada 5 (lima) tahun pertama, kedua, ketiga, dan keempat. Analisa Pengembalian selama 6,774 tahun, dan harga air yang ditetapkan jika  $B/C > 1$  sebesar Rp. 600,-.

Kata Kunci : Air Bersih, Sistem Jaringan Pipa, *WaterCAD*, Rencana Anggaran Biaya, Analisa Ekonomi, Harga Air.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>RINGKASAN</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	 1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	2
1.3 Rumusan Masalah .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Tujuan .....	3
1.6 Manfaat .....	3
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	 5
2.1 Air Bersih .....	5
2.1.1 Pengertian Air Bersih .....	5
2.1.2 Sistem Penyediaan Air Bersih .....	6
2.1.3 Sistem Pengaliran Air Bersih .....	6
2.2 Kebutuhan Air Bersih .....	7
2.2.1 Kebutuhan Air Domestik .....	8
2.2.2 Kebutuhan Non Domestik .....	8
2.2.3 Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih .....	8
2.2.4 Kehilangan Air .....	10
2.3 Analisa Hidrolika Pada Jaringan Pipa .....	11
2.3.1 Kecepatan Aliran .....	11
2.3.2 Hukum Bernoulli .....	11
2.3.3 Hukum Kontinuitas .....	12
2.3.4 Kehilangan Tinggi Tekan .....	14
2.3.4.1 Kehilangan Tinggi Tekan Mayor .....	14

2.3.4.2 Kehilangan Tinggi Tekan Minor .....	16
2.4 Perencanaan Teknis Unit .....	19
2.4.1 Perencanaan Teknis Unit Transmisi .....	19
2.4.2 Perencanaan Teknis Unit Distribusi .....	20
2.5 Komponen Pada Jaringan Distribusi Air Bersih .....	21
2.5.1 Pipa .....	21
2.5.2 Jenis Pipa .....	21
2.5.3 Kriteria Jaringan Pipa Air Bersih .....	24
2.5.4 Sarana Penunjang .....	25
2.6 Analisa Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih dengan <i>Software WaterCAD V8i</i> .....	34
2.6.1 Pengenalan <i>WaterCAD V8i</i> .....	34
2.6.2 Tahapan-Tahapan Dalam Penggunaan <i>Software WaterCAD V8i</i> .....	35
2.7 Rencana Anggaran Biaya .....	41
2.8 Analisa Ekonomi .....	41
2.8.1 <i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR) .....	41
2.8.2 <i>Net Present Value</i> (NPV) .....	42
2.8.3 <i>Internal Rate Return</i> (IRR) .....	42
2.8.4 Analisa Pengembalian ( <i>Payback Period</i> ) .....	43
2.8.5 Analisa Sensivitas .....	43
2.9 Penentuan Harga Air Bersih .....	44
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	45
3.1 Kondisi Daerah Studi .....	45
3.1.1 Kondisi Eksisting .....	47
3.1.2 Kondisi Perencanaan .....	50
3.2 Data Pendukung Kajian .....	50
3.2.1 Data Penduduk .....	50
3.2.2 Peta Topografi .....	50
3.2.3 Data Kapasitas Sumber Air .....	51
3.2.4 Layout dan Data Teknis Perencanaan Jaringan Distribusi Air Bersih .....	51
3.3 Langkah Langkah Studi.....	53
3.3.1 Kondisi Perencanaan .....	53
3.3.2 Simulasi dengan <i>Software WaterCAD V8i</i> .....	53
3.3.3 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) .....	54



3.3.4 Perhitungan Analisa Ekonomi .....	54
---	----

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....55**

4.1 Umum .....	55
4.2 Jumlah Penduduk .....	55
4.3 Perhitungan dan Analisa Kebutuhan Air Bersih .....	55
4.4 Hasil Simulasi Menggunakan <i>Software WaterCAD V8i</i> .....	60
4.4.1 Kondisi Sumber Air .....	61
4.4.2 Kondisi Eksisting Pompa .....	61
4.4.3 Kondisi Eksisting Tandon .....	62
4.4.4 Kondisi Aliran Dalam Pipa .....	66
4.5 Rencana Anggaran Biaya (RAB) .....	74
4.6 Analisa Ekonomi .....	76
4.6.1 Analisa Biaya .....	76
4.6.1.1 Biaya Modal .....	76
4.6.1.2 Biaya Tahunan .....	78
4.6.2 Analisa Manfaat .....	79
4.6.3 Parameter Analisa Ekonomi .....	80
4.6.3.1 <i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR) .....	80
4.6.3.2 <i>Net Present Value</i> (NPV) .....	82
4.6.3.3 Internal Rate Return (IRR) .....	83
4.6.3.4 Analisa Pengembalian ( <i>payback periode</i> ) .....	83
4.6.3.5 Analisa Sensivitas .....	84
4.6.4 Penentuan Harga Air .....	86

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....87**

5.1 Kesimpulan .....	87
5.2 Saran.....	88

## **DAFTAR PUSTAKA .....89**

## **LAMPIRAN .....-**





## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Pedoman Perencanaan Jumlah Konsumsi Air .....	8
Tabel 2.2	Faktor Pengali ( <i>Load Factor</i> ) Terhadap Kebutuhan Air Bersih .....	9
Tabel 2.3	Koefisien Karakteristik Pipa Menurut <i>Hazen-Williams</i> .....	16
Tabel 2.4	Nilai K Sebagai fungsi dari P1 .....	18
Tabel 2.5	Nilai K Sebagai fungsi dari a .....	18
Tabel 2.6	Nilai K sebagai fungsi dari a .....	19
Tabel 2.7	Keuntungan dan Kerugian Pipa PVC .....	23
Tabel 2.8	Kriteria Jaringan Pipa .....	25
Tabel 4.1	Perhitungan Kebutuhan Air Bersih di Perumahan <i>The OZ</i> .....	59
Tabel 4.2	Debit Kebutuhan per Jam .....	61
Tabel 4.3	Rekapitulasi Perhitungan Fluktuasi Air dalam Tandon .....	65
Tabel 4.4	Hasil Simulasi Aliran Dalam Pipa Perencanaan .....	66
Tabel 4.5	Hasil Evaluasi Tekanan dalam Pipa Perencanaan .....	73
Tabel 4.6	Pengadaan Pipa dan Aksesoris Pipa .....	76
Tabel 4.7	Pemasangan Pipa dan Aksesoris Pipa .....	77
Tabel 4.8	Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pekerjaan Pipa .....	77
Tabel 4.9	Biaya Modal .....	79
Tabel 4.10	Analisa Biaya Modal Tahunan .....	79
Tabel 4.11	Biaya Operasional dan Pemeliharaan .....	80
Tabel 4.12	Biaya Total Tahunan .....	81
Tabel 4.13	<i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR) Tiap Kenaikan Suku Bunga .....	82
Tabel 4.14	<i>Net Present Value</i> (NPV) Tiap Kenaikan Suku Bunga .....	84
Tabel 4.15	Analisa Sensivitas .....	85
Tabel 4.16	Penentuan Harga Air .....	86



## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Grafik Fluktuasi Pemakai Air Bersih Harian .....	9
Gambar 2.2	Energi EGL dan HGL dalam aliran pipa .....	12
Gambar 2.3	Tabung Arus .....	13
Gambar 2.4	Persamaan Kontinuitas pada pipa cabang.....	13
Gambar 2.5	Perbesaran Pipa.....	17
Gambar 2.6	Pengecilan Pipa.....	18
Gambar 2.7	Belokan Pipa .....	19
Gambar 2.8	Sambungan yang baik dan tidak baik .....	19
Gambar 2.9	Pipa HDPE.....	22
Gambar 2.10	Pipa Galvanis.....	22
Gambar 2.11	Pipa PVC .....	23
Gambar 2.12	Pipa Semen Asbes.....	24
Gambar 2.13	Spigot.....	26
Gambar 2.14	Flange Joint.....	26
Gambar 2.15	Increaser .....	27
Gambar 2.16	Reducer .....	27
Gambar 2.17	PRV .....	28
Gambar 2.18	FCV .....	28
Gambar 2.19	Meter Air .....	29
Gambar 2.20	Pompa Tipe Submersible.....	30
Gambar 2.21	Menara ir.....	34
Gambar 2.22	Tampilan <i>Welcome</i> Pada <i>WaterCAD V8i</i> .....	35
Gambar 2.23	Tampilan <i>quick start lessons</i> .....	36
Gambar 2.24	Tampilan Lembar Kerja Pada <i>WaterCAD V8i</i> .....	37
Gambar 2.25	Tampilan background layers pada <i>WaterCAD V8i</i> .....	37
Gambar 2.26	Tampilan Reservoir, pipa dan titik simpul pada <i>WaterCAD V8i</i> .....	38
Gambar 2.27	Tampilan menara air pada <i>WaterCAD V8i</i> .....	39
Gambar 2.28	Tampilan Pengisian data teknis reservoir pada <i>WaterCAD V8i</i> .....	39
Gambar 2.29	Tampilan Hasil Running (calculate) pada <i>WaterCAD V8i</i> .....	40
Gambar 3.1	Peta Lokasi Studi .....	46

Gambar 3.2	Peta Lokasi Studi (daerah perencanaan pipa air bersih di perumahan <i>The OZ</i> ...	46
Gambar 3.3	Peta Lokasi Studi (Sumber Air) .....	47
Gambar 3.4	Lokasi Sumber Air .....	48
Gambar 3.5	Tandon Air pada Lokasi Studi .....	49
Gambar 3.6	Sarana Penunjang Tandon.....	49
Gambar 3.7	Peta Topografi Perumahan <i>The OZ</i> .....	51
Gambar 3.8	Layout Perencanaan Jaringan Air Bersih.....	52
Gambar 3.9	Diagram Alir Pengerjaan Skripsi .....	52
Gambar 3.10	Diagram Alir Penyelesaian Proses Simulasi Jaringan Pipa dengan Software WaterCAD V8i .....	52
Gambar 4.1	Grafik Fluktuasi Pemakai Debit Kebutuhan .....	62
Gambar 4.2	Grafik Debit Total Pompa pada Kondisi Eksisting.....	64
Gambar 4.3	Grafik antara Vol. Efektif Tandon dengan Vol. Total Tandon .....	66
Gambar 4.4	Kondisi Tinggi Air dalam Menara Air.....	66
Gambar 4.5	Kecepatan Pada Pipa Perencanaan jam ke 07.00 .....	70
Gambar 4.6	Grafik <i>Headloss Gradient</i> Pada Pipa Perencanaan jam ke 07.00 .....	71
Gambar 4.7	Grafik Kecepatan dan <i>Headloss Gradient</i> pada Pipa-44 Perencanaan ... ..	71
Gambar 4.8	Grafik Tekanan pada Pipa Perencanaan.....	74
Gambar 4.9	Grafik Tekanan pada Junction-44 Pipa Perencanaan.....	75

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada kehidupan manusia tentu tidak dapat dipungkiri pasti memerlukan air sebagai salah satu sumber daya alam yang dapat memenuhi kebutuhan pokok serta menjadi modal dasar sebagai suatu pembangunan. Setelah adanya kualitas yang baik, persyaratan kedua adalah dilihat dari segi kuantitas, karena semakin maju tingkat hidup manusia, menjadikan tingkat kebutuhan air di masyarakat tersebut akan semakin naik pula. Per harinya manusia di Indonesia membutuhkan air untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga diperkirakan sebanyak 170 liter (*Iwaco-Waseco, 1990*). Mengingat pentingnya air menjadi kebutuhan dasar bagi keberlanjutan kehidupan manusia. Oleh karena itu air harus tersedia dalam segi kuantitas yang mencukupi serta dijaga kelestariannya sehingga air yang tersedia dapat memenuhi kebutuhan manusia.

Adapun beberapa faktor yang menyebabkan kebutuhan air sangat dibutuhkan adalah dengan adanya pembangunan perumahan *The OZ* yang nantinya akan dihuni bagi kehidupan manusia. Namun perumahan tersebut tidak diiringi dengan penyediaan air bersih yang ada. Masalah air bersih merupakan masalah yang vital bagi kehidupan manusia. Kita membutuhkan air bersih untuk keperluan sehari-hari seperti minum, memasak, mencuci, mandi, kakus dan sebagainya.

Tidak dapat dipungkiri bahwa terdapat beberapa masalah yang muncul dalam penyediaan air bersih diantaranya disebabkan oleh jumlah ketersediaan air bersih dan sistem pendistribusian yang belum ada. Maka sangatlah wajar apabila penyediaan air bersih mendapatkan prioritas penanganan utama yang dapat berpengaruh besar pada kelancaran aktivitas masyarakat.

Seiring dengan pemenuhan kebutuhan air bersih di Perumahan *The OZ* kelurahan Karang Widoro kecamatan Dau Kabupaten Malang menjadikan PT.Podo Joyo Masyhur melakukan perencanaan jaringan distribusi air bersih di wilayah yang akan direncanakan air bersihnya. Perencanaan yang akan dilakukan oleh PT.Podo Joyo Masyhur ini dengan memanfaatkan potensi air tanah dengan bantuan sumur bor. Hal tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan masyarakat.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Pada studi perencanaan jaringan pipa di Perumahan *The OZ* yang berada di kelurahan Karang Widoro Kecamatan Dau Kabupaten Malang ini kebutuhan air bersih sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat nantinya, oleh karna itu dibutuhkan suatu jaringan air bersih yang mampu melayani penduduk secara maksimal dan menyeluruh. Hal ini dilakukan guna mengevaluasi kinerja PT. Podo Joyo Masyhur dalam memenuhi kebutuhan air bersih penduduk dan mengetahui debit yang dibutuhkan serta kondisi jaringan yang akan digunakan untuk perencanaan distribusi air bersih selanjutnya.

Studi ini akan menganalisa sistem perencanaan jaringan distribusi air bersih yang dilakukan PT.Podo Joyo Masyhur. Analisa yang dilakukan mengenai kondisi hidrolika mencakup pengaruh tekanan setiap titik simpul, besarnya debit dan kehilangan tinggi tekan pada setiap pipa dalam sistem jaringan distribusi pada daerah studi ini. Upaya pemanfaatan sumberdaya air yang ada harus secara baik dan benar ditinjau dari segi kualitas dan kuantitas tanpa mengesampingkan aspek pelestarian.

Jumlah keseluruhan rumah yang akan dibangun di Perumahan *The OZ* sebanyak 250 unit rumah (Sumber: PT.Podo Joyo Masyhur, 2018), dengan setiap rumah terdiri dari 5 orang anggota keluarga, maka didapati 1250 orang jumlah penduduk yang akan dilayani pada Perumahan *The OZ* untuk kedepannya (Hasil Perhitungan, 2018).

Perencanaan yang akan dilakukan menggunakan bantuan *Software WaterCAD V8i*. *Software* ini nantinya digunakan untuk menganalisa dan mensimulasikan jaringan distribusinya. Upaya yang telah dilakukan diharapkan dapat memenuhi kebutuhan penduduk secara optimal dan merata.

## 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah diatas, maka rumusan masalah dalam studi ini dapat diajukan sebagai berikut:

1. Berapa debit kebutuhan air bersih di Perumahan *The OZ*?
2. Bagaimana hasil perencanaan komponen hidrolis sistem jaringan distribusi air bersih dengan menggunakan *Software WaterCAD V8i*?
3. Berapa RAB (Rencana Anggaran Biaya) yang diperlukan untuk perencanaan jaringan distribusi air bersih di perumahan *The OZ*?
4. Bagaimana Analisa Ekonomi dan Harga Air yang akan dihasilkan dari pembangunan perumahan *The OZ*?



#### 1.4 Batasan Masalah

Studi ini membahas mengenai perencanaan sistem jaringan distribusi air untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Perumahan *The OZ*. Dengan melihat ulasan yang telah dijelaskan diatas, maka supaya permasalahan ini tidak meluas, akan dibatasi antara lain:

1. Perencanaan sistem jaringan distribusi air ini berlokasi di Perumahan *The OZ* kelurahan Karang Widoro Kecamatan Dau Kabupaten Malang.
2. Perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih ini memanfaatkan ketersediaan air tanah, yang didapat menggunakan sumur bor, yang berlokasi di Perumahan *The OZ* kelurahan Karang Widoro Kecamatan Dau Kabupaten Malang.
3. Perencanaan sistem penyediaan air bersih ini hanya membahas aspek hidrolika dan komponen komponen sistem jaringan distribusi air bersih.
4. *Software* yang digunakan untuk mensimulasikan pendistribusian air bersih adalah *Software WaterCAD V8i*.
5. Menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) komponen jaringan distribusi air bersih.
6. Membahas Analisa Ekonomi dan Harga Air.
7. Tidak membahas analisa kualitas air, sosial, dampak lingkungan, dan struktur tandon.

#### 1.5 Tujuan

Adapun tujuan diadakannya studi ini adalah untuk:

1. Mengetahui debit kebutuhan air bersih di Perumahan *The OZ*.
2. Mengetahui hasil perencanaan komponen hidrolis sistem jaringan distribusi air bersih dengan menggunakan *Software WaterCAD V8i*.
3. Mengetahui besarnya Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang harus dikeluarkan pada perencanaan jaringan pipa distribusi air bersih di Perumahan *The OZ*.
4. Mengetahui besarnya Harga Air untuk perumahan *The OZ*.

#### 1.6 Manfaat

Manfaat studi ini menambah wawasan keilmuan dalam bidang perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih. Menambah wawasan tentang program yang digunakan dalam menganalisa sistem jaringan distribusi air bersih, manfaat untuk PT.Podo Joyo Masyhur dan pengelola Perumahan *The OZ* adalah memberi gambaran kondisi sistem distirbusi air bersih sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam peningkatan pelayanan penyediaan air bersih di Perumahan *The OZ*.





Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Air Bersih

##### 2.1.1 Pengertian Air Bersih

Air bersih adalah air yang dimanfaatkan oleh manusia untuk dikonsumsi misalnya air minum yang dimasak terlebih dahulu serta digunakan dalam aktivitas sehari-hari seperti mandi, mencuci, peternakan, perikanan dan pertanian. Penyediaan air bersih yang ada tentunya memberikan manfaat untuk kesehatan lingkungan masyarakat. Sehingga air bersih tersebut harus memenuhi persyaratan dari segi kualitas yang meliputi kualitas fisik, kimia dan kimiawi maupun dari segi kuantitas.

Berikut ini akan dibahas mengenai sumber air bersih yang digunakan untuk memenuhi penyediaan air bersih:

- a. Air permukaan adalah air hujan yang mengalir dipermukaan dan dimanfaatkan untuk bahan baku air bersih yang nantinya akan ditampung kedalam suatu wadah atau *reservoir*. Pada umumnya air permukaan ini telah terkontaminasi dengan berbagai zat yang menimbulkan efek tidak baik bagi kesehatan. Namun dalam memenuhi kuantitasnya debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air bersih relatif cukup. Air permukaan disini dibagi menjadi 2 yakni:
  - Air sungai adalah air yang berasal dari sungai ini dalam penggunaannya sebagai air bersih haruslah mengalami suatu pengolahan yang sempurna karena air sungai memiliki derajat pengotoran yang tinggi sekali.
  - Air waduk atau danau, air yang sudah tertampung dalam suatu waduk ini kebanyakan tidak jernih atau berwarna yang disebabkan oleh adanya zat-zat organik yang telah membusuk sehingga karena hal ini menyebabkan kandungan Fe dan Mn yang tinggi pula maka seharusnya mengalami suatu pengolahan. Namun untuk segi kuantitas air waduk ini cukup digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih.
- b. Air tanah adalah air yang berada dibawah permukaan tanah. Bila ditinjau dari kedalaman, maka air tanah yang ada disini dapat dibagi menjadi dua yaitu:
  - Air tanah dangkal, air ini dari adanya proses peresapan air dari permukaan tanah. Sebagai sumber air bersih air tanah dangkal memiliki kualitas yang lebih rendah. Kualitas air tanah dalam jauh lebih baik daripada air tanah dangkal. Hal ini disebabkan

air tanah dangkal lebih mudah terkontaminasi dari luar dan fungsi tanah sebagai penyaring lebih sedikit.

- Air tanah dalam, air tanah ini menembus dan mencari daerah akuifer yang lebih baik kualitasnya serta kapasitasnya tidak tergantung pada musim kering maupun musim hujan. Sehingga kemampuan air tanah menjamin kebutuhan air dalam volume penyediaan air bersih yang relatif cukup.

### 2.1.2 Sistem Penyediaan Air Bersih

Pelayanan air bersih biasanya dilakukan oleh sistem individual dan komunal. Sistem ini digunakan sebagai acuan dalam menentukan penyediaan air bersih yang ada. Kedua sistem penyediaan ini banyak dijumpai dimasyarakat pedesaan maupun perkotaan. Sistem individual ditekankan pada pengusahaan pemenuhan kebutuhan air bersih secara individu atau perorangan sedangkan sistem komunal pemenuhannya secara terorganisasi melalui sistem pipanisasi. Beberapa sarana penyediaan air bersih secara individual menggunakan sumur gali dan bak penampung air hujan. Sedangkan untuk sistem komunal dapat dilakukan melalui Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), Himpunan Penduduk Pemakai Air Minum (HIPPAM) serta pembangunan hidran umum.

### 2.1.3 Sistem Pengaliran Air Bersih

Pendistribusian air bersih terhadap konsumen yang memiliki kuantitas, kualitas dan tekanan yang cukup memerlukan sistem perpipaan, tampungan, pompa dan peralatan yang baik. Sehingga hal itu tergantung pada cara pengaliran air yang ada. Berikut ini adalah sistem pengaliran air bersih yang telah terbagi menjadi sebagai berikut (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tahun 2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum).

#### a. Sistem Gravitasi

Sistem pengaliran gravitasi memanfaatkan beda tinggi muka tanah, yaitu daerah sumber air lebih tinggi daripada daerah pelayanan. Sistem gravitasi memanfaatkan Sistem pengaliran gravitasi memanfaatkan beda tinggi muka tanah, yaitu daerah sumber air lebih tinggi daripada daerah pelayanan. Sistem gravitasi memanfaatkan

#### b. Sistem Pemompaan

Daerah yang tidak mempunyai beda tinggi yang cukup besar dan relatif datar biasanya menggunakan sistem pengaliran dengan pemompaan. Adanya tekanan untuk

mendapatkan sistem pemompaan yang optimal sangat perlu diperhatikan. Hal ini dilakukan supaya kekurangan tekanan yang dapat mengganggu sistem pengaliran atau kelebihan tekanan tidak terjadi, sehingga tetap dapat menghemat energi dan mencegah kerusakan pipa.

c. Sistem Kombinasi

Sistem kombinasi adalah gabungan dari sistem gravitasi dan sistem pemompaan ini dilakukan dengan cara air yang dialirkan akan dikumpulkan lebih dulu dalam tampungan pada saat permintaan air menurun. Jika permintaan air meningkat maka air akan dialirkan melalui sistem gravitasi maupun sistem pemompaan.

## 2.2 Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih adalah banyaknya air yang dibutuhkan untuk melayani suatu masyarakat. Kebutuhan air bersih yang ada dibagi menjadi 2 tipe, yakni kebutuhan domestik dan non domestik. Kebutuhan air bersih harus diperhitungkan berdasarkan pemakaian air bersih dalam kehidupan sehari-hari para konsumen sehingga dapat berjalan optimal pada masa sekarang dan masa mendatang.

Secara umum terdapat faktor faktor yang mempengaruhi penggunaan air bersih diantaranya (*Linsley, 1986:92*).

a. Iklim

Iklim yang panas akan menyebabkan kebutuhan air meningkat, terutama untuk mandi dan menyiram tanaman, dibandingkan pada iklim lembab. Sedangkan untuk iklim yang dingin, air dialirkan untuk menghindari bekunya pipa distribusi.

b. Ciri-ciri penduduk

Iklim yang panas akan menyebabkan kebutuhan air meningkat, terutama untuk mandi dan menyiram tanaman, dibandingkan pada iklim lembab. Sedangkan untuk iklim yang dingin, air dialirkan untuk menghindari bekunya pipa distribusi.

Menentukan kebutuhan air bersih pada suatu wilayah tentu membutuhkan data pemakaian air yang dapat diterapkan untuk wilayah yang bersangkutan. Sehingga data tersebut dapat dipertimbangkan dari standar yang ada sehingga dapat menjadi acuan dalam penentuannya. Tingkat pemakaian kebutuhan air bersih juga berbeda-beda per orang per harinya. Misalnya didesa dengan jumlah penduduk yang sedikit akan memiliki tingkat kebutuhan air yang sedikit pula. Berikut ini adalah klasifikasi tingkat kebutuhan air berdasarkan kategori kota dan jumlah penduduk :

Tabel 2.1.  
Pedoman Perencanaan Jumlah Konsumsi Air (dalam lt/org/hr)

Kategori Kota	Keterangan	Jumlah Penduduk (orang)	Tingkat Kebutuhan Air (lt/org/hr)
I	Kota Metropolitan	> 1.000.000	240
II	Kota Besar	500.000-1.000.000	170
III	Kota Sedang	100.000-500.000	146
IV	Kota Kecil	20.000-100.000	90
V	Desa	< 20.000	60

Sumber: *Iwaco-Waseco*, 1990

### 2.2.1 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih yang diperuntukkan untuk pemenuhan kegiatan sehari-hari atau rumah tangga. Berdasarkan cara pelayanannya, kebutuhan air rumah tangga ini terdiri atas 2 jenis, yakni SR dan hidran umum. Sambungan rumah merupakan jenis sambungan yang menyediakan air secara langsung ke setiap rumah warga dengan menggunakan sambungan pipa distribusi melalui meteran air dan instalasi pipa yang dipasang di setiap rumah. Selain itu terdapat hidran umum, merupakan jenis sambungan yang menyediakan air melalui kran yang dipasang di tempat tertentu untuk mempermudah masyarakat dalam mencukupi kebutuhan memasak, mandi, minum dan lain sebagainya.

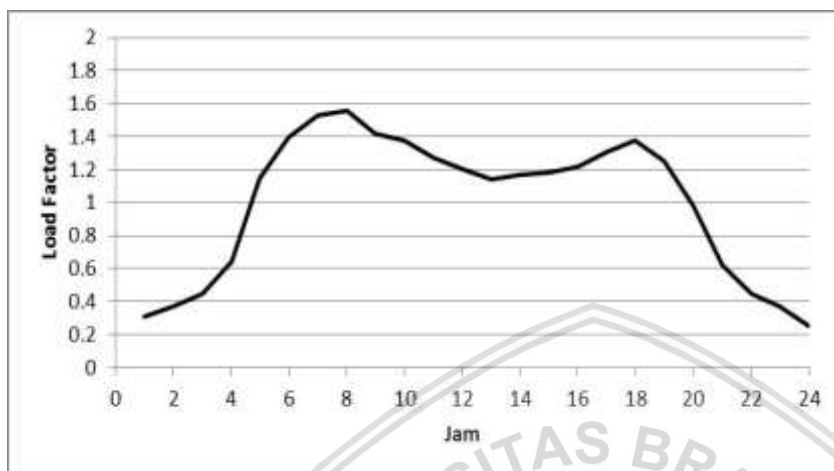
### 2.2.2 Kebutuhan Non Domestik

Kebutuhan non domestik merupakan kebutuhan air bersih yang diperlukan untuk beberapa kegiatan selain untuk keperluan rumah tangga, seperti penyediaan air untuk sarana sosial, tempat ibadah, rumah sakit, restoran dan lain sebagainya atau 15 % dari kebutuhan domestik (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tahun 2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum).

### 2.2.3 Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

Perencanaan sistem penyediaan air bersih seharusnya memperhitungkan fluktuasi air bersihnya. Hal ini dikarenakan penggunaan air dalam suatu masyarakat tentu tidak berlangsung secara konstan dan akan bervariasi secara terus menerus. Fluktuasi tersebut disebabkan oleh aktivitas penggunaan air dalam kesehariannya. Penggunaan air di waktu malam hari selalu lebih sedikit daripada penggunaan pagi hari. Karena pada malam hari

masyarakat cenderung tidak melakukan kegiatan, hal ini mempengaruhi terjadinya fluktuasi kebutuhan air setiap waktunya. Berikut ini adalah grafik fluktuasi pemakaian air bersih harian.



Gambar 2.1. Grafik Fluktuasi Pemakaian Air Bersih Harian

Sumber: Ditjen Cipta Karya Departemen PU

Berdasarkan grafik fluktuasi kebutuhan air bersih dari Ditjen Cipta Karya Departemen PU, maka didapatkan nilai load factor sebagai berikut :

Tabel 2.2.

Faktor Pengali (*Load Factor*) Terhadap Kebutuhan Air Bersih

Jam	<i>Load Factor</i>	Jam	<i>Load Factor</i>	Jam	<i>Load Factor</i>	Jam	<i>Load Factor</i>
1	0.31	7	1.53	13	1.14	19	1.25
2	0.37	8	1.56	14	1.17	20	0.98
3	0.45	9	1.42	15	1.18	21	0.62
4	0.64	10	1.38	16	1.22	22	0.45
5	1.15	11	1.27	17	1.31	23	0.37
6	1.40	12	1.20	18	1.38	24	0.25

Sumber: Ditjen Cipta Karya Departemen PU

Berdasarkan grafik dan faktor pengali diatas, masyarakat Indonesia cenderung menggunakan kebutuhan air pada pagi dan sore hari, sehingga tingkat pelayanan kebutuhan air meningkat. Oleh karena itu, diperlukan adanya kriteria tingkat kebutuhan yang digunakan dalam upaya pemenuhan kebutuhan per satu harinya. Berikut ini adalah beberapa kriteria tingkat kebutuhan air masyarakat:



1. Kebutuhan air rata-rata, yaitu penjumlahan kebutuhan total (domestik + non domestik) ditambah dengan kehilangan air yang ada.
2. Kebutuhan harian maksimum, yaitu kebutuhan air terbesar dan kebutuhan rata-rata harian dalam satu minggu.
3. Kebutuhan air pada jam puncak, yaitu pemakaian air tertinggi pada jam-jam tertentu selama periode satu hari.

Kebutuhan harian maksimum dan jam puncak digunakan untuk memperhitungkan besarnya kebutuhan air bersih, karena hal ini menyangkut kebutuhan pada hari-hari tertentu dan saat jam puncak pelayanan. Sehingga penting mempertimbangkan nilai koefisien untuk keperluan tersebut. Pendekatan angka koefisien yang biasa digunakan dalam perhitungan kebutuhan harian dan jam puncak adalah:

- Kebutuhan harian maksimum =  $1,15 \times$  kebutuhan air rata-rata
- Kebutuhan jam puncak =  $1,56 \times$  kebutuhan air maksimum

#### 2.2.4 Kehilangan Air

Kehilangan air adalah kehilangan jumlah air yang ada pada pipa namun tidak termasuk pada pemakaian air itu sendiri. Jadi, kehilangan air yang diakibatkan oleh kesalahan-kesalahan yang tidak diinginkan seperti kehilangan air akibat faktor teknis dan non teknis (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tahun 2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum). Berikut ini adalah penjelasannya:

- a. Kehilangan air akibat faktor teknis
  - Pipa mengalami kebocoran
  - Pipa pada jaringan distribusi pecah
  - Tanki reservoir bocor
  - Pemasangan pipa yang kurang baik
  - Kehilangan air pada instalasi pengolahan
- b. Kehilangan air akibat faktor non teknis
  - Konsumsi tak resmi
  - Kesalahan dalam pencatatan hasil pembacaan meter air



## 2.3 Analisa Hidrolika pada Jaringan Pipa

Hidrolika merupakan kajian tentang air pada keadaan diam maupun bergerak. Hidrolika menjadi aspek yang sangat diperhatikan dalam pendistribusian jaringan pipa. Pengetahuan tentang dasar hidrolika sangatlah diperlukan, khususnya dalam perancangan atau analisis penyediaan air. Selanjutnya akan dijelaskan konsep dasar hidrolika yang digunakan dalam menganalisa pendistribusian air dalam pipa. Berikut ini adalah penjelasannya:

### 2.3.1 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dalam pipa berbeda-beda tergantung jenis pipa yang digunakan, dimana hal ini juga akan disesuaikan dengan kondisi setempat mengenai kemiringan lahan maupun adanya penambahan tekanan dari adanya pemompaan. Kecepatan aliran tidak boleh terlalu kecil karena dapat menyebabkan endapan dalam pipa tidak terdorong. Selain itu, diameter pipa akan berkurang karena adanya endapan tersebut yang dapat membebani biaya perawatan. Sedangkan jika kecepatan aliran terlalu tinggi, maka akan mengakibatkan korosi pada pipa.

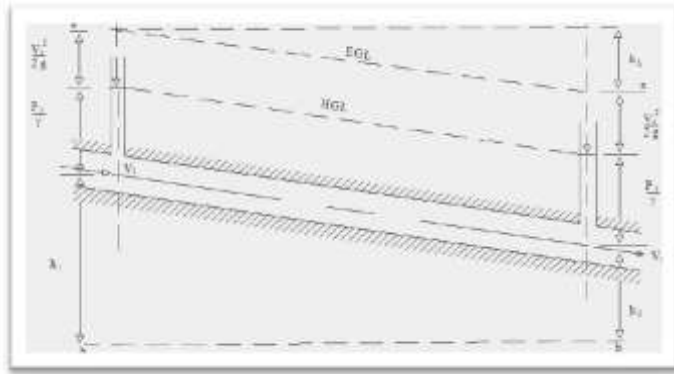
### 2.3.2 Hukum Bernoulli

Air didalam pipa selalu mengalir dari tempat yang memiliki tinggi energi yang lebih besar ke tempat energi yang lebih kecil. Hal tersebut dikenal dengan hukum Bernoulli. Hukum Bernoulli menyatakan bahwa tinggi energi total merupakan jumlah dari tinggi tempat, tinggi tekanan dan tinggi kecepatan yang berbeda dari garis arus yang satu ke garis arus yang lain. Oleh karena itu persamaan tersebut hanya berlaku untuk titik-titik pada suatu garis arus. Sehingga rumus yang didapatkan (Triatmodjo, 1996: 124) adalah sebagai berikut:

E total = Energi ketinggian + energi kecepatan + energi tekanan

$$E \text{ total} = h + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma w} \dots\dots\dots(2-1)$$

Pada aliran zat cair ideal, garis tenaga mempunyai tinggi tetap yang menunjukkan jumlah dari tinggi elevasi, tinggi tekanan dan tinggi kecepatan. Sehingga dapat diterapkan pada gambar dibawah ini



Gambar 2.2. Energi EGL dan HGL dalam aliran pipa  
Sumber: Priyantoro (1991:7)

Aplikasi persamaan Bernoulli untuk kedua titik didalam medan aliran akan memberikan rumus sebagai berikut (Triatmodjo, 1993: 124):

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1^2}{\gamma_w} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2^2}{\gamma_w} + H_l \dots\dots\dots(2-2)$$

Dengan :

$\frac{v_1^2}{2g}, \frac{v_2^2}{2g}$  = Tinggi energi dititik 1 dan 2 (m)

$\frac{p_1^2}{2g}, \frac{p_2^2}{2g}$  = Tinggi tekanan dititik 1 dan 2 (m)

$h_1, h_2$  = Tinggi elevasi dititik 1 dan 2 (m)

$V_1, V_2$  = Kecepatan dititik 1 dan 2 (m/dt)

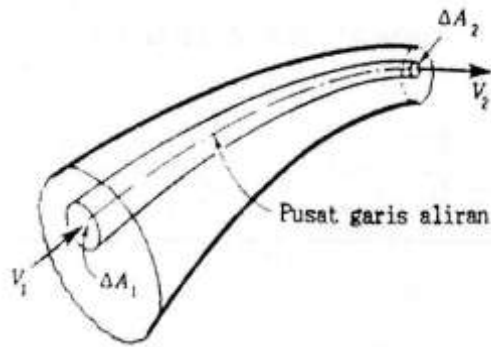
$p_1, p_2$  = Tekanan dititik 1 dan 2 ( $\text{kg/m}^2$ )

$H_l$  = Kehilangan tinggi tekanan dalam pipa (m)

$\gamma_w$  = Berat jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

### 2.3.3 Hukum Kontinuitas

Fluida yang mengalir pada suatu pipa dengan kecepatan dan luas penampang sama akan menimbulkan debit yang ada sama pula pada setiap penampangnya. Sehingga fenomena ini dinamakan dengan hukum kontinuitas. Hukum ini menyatakan bahwa debit yang masuk ke dalam pipa akan sama dengan debit yang keluar dari dalam pipa.



Gambar 2.3. Tabung Arus  
Sumber: Triatmodjo (1993:132)

Hukum Kontinuitas ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_1 = Q_2 \text{ atau } A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \dots\dots\dots(2-3)$$

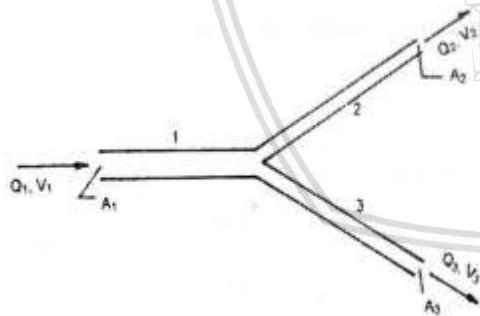
Dengan:

$Q_1, Q_2$  = debit pada potongan 1 dan 2 ( $m^3/dt$ )

$V_1, V_2$  = kecepatan pada potongan 1 dan 2 ( $m/dt$ )

$A_1, A_2$  = luas penampang pada potongan 1 dan 2 ( $m^2$ )

Apabila terdapat pipa percabangan, maka berdasarkan hukum kontinuitas debit aliran yang menuju titik cabang harus sama dengan debit aliran yang meninggalkan titik tersebut. Hal ini dapat diilustrasikan sebagai berikut:



Gambar 2.4. Persamaan kontinuitas pada pipa bercabang  
Sumber: Triatmodjo (1993:137)

Sedangkan hukum kontinuitas pada pipa bercabang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \text{ atau } A_1 \cdot V_1 = (A_2 \cdot V_2) + (A_3 \cdot V_3) \dots\dots\dots(2-4)$$

Dengan:

$Q_1, Q_2, Q_3$  = debit pada potongan 1, 2 dan 3 ( $m^3/dt$ )

$V_1, V_2, V_3$  = kecepatan pada potongan 1, 2 dan 3 ( $m/dt$ )

$A_1, A_2, A_3$  = luas penampang pada potongan 1, 2 dan 3 ( $m^2$ )

### 2.3.4 Kehilangan Tinggi Tekan

Pada perencanaan jaringan pipa, tidak mungkin dapat dihindari adanya kehilangan tinggi tekan selama pipa dialiri oleh air. Kehilangan tinggi tekan ini dibagi menjadi dua aspek, yakni kehilangan tinggi tekan mayor (*major losses*) dan kehilangan tinggi tekan minor (*minor losses*).

#### 2.3.4.1 Kehilangan Tinggi Tekan Mayor

Kehilangan energi mayor disebabkan oleh gesekan atau friksi dengan pipa. Kehilangan energi oleh gesekan disebabkan karena cairan atau fluida yang mempunyai kekentalan dan dinding pipa tidak licin sempurna. Pada dinding yang mendekati licin sempurna, masih pula terjadi kehilangan energi walaupun sangat kecil. Jika dinding licin sempurna, maka tidak ada kehilangan energi yaitu saat diameter kekasaran nol.

Ada beberapa teori dan formula untuk menghitung kehilangan tinggi tekan mayor diantaranya dengan menggunakan *Hazen-Williams*, *Darcy-Weisbach*, *Manning*, *Chezy*. Namun dalam studi ini menggunakan persamaan Hazen-Williams, yaitu dengan formula sebagai berikut (Priyantoro, 1991:21):

$$Q_i = 0,85 C_{hw} A_i R_i^{0,63} S_f^{0,54} \dots \dots \dots (2-5)$$

$$Q_i = 0,85 C_{hw} A_i R_i^{0,63} S_f^{0,54} \dots \dots \dots (2-6)$$

Dengan:

$$Q_i = 0,85 C_{hw} A_i R_i^{0,63} S_f^{0,54}$$

$V_i$  = kecepatan dalam aliran pipa  $i$  (m/dt)

$A_i$  = Luas Penampang pada pipa ( $m^2$ )

$r_i$  = jari jari hidrolis pada pipa (m)

$$r = \frac{1}{4} = \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{\pi D^2}$$

$$r = \frac{D}{4}$$

$S_f$  = Kemiringan garis hidrolis (EGL)

$$S_f = h_f/l$$

Persamaan kehilangan tinggi tekan mayor menurut *Hazen-Williams* yaitu:

$$H_f = k Q^{1,85} \dots \dots \dots (2-7)$$

$$k = \frac{10,675.L}{C_{hw}^{1,85} D^{4,87}} \dots \dots \dots (2-8)$$

Dengan:

$H_f$  = Kehilangan tinggi tekan mayor (m)

- K = koefisien karakteristik pipa  
 Q = debit aliran pada pipa ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )  
 D = diameter pipa (m)  
 L = panjang pipa (m)  
 $C_{\text{hw}}$  = koefisien kekasaran *Hazen-Williams* (Tabel 2.3)

Perhitungan kehilangan tinggi tekan mayor dalam studi ini menggunakan rumus *Hazen-Williams* karena pertimbangan yang telah mengacu pada pengujian Radiana Triatmadja yaitu beliau menjelaskan bahwa *Hazen-Williams* memiliki nilai koefisien yang sudah pasti diketahui sehingga tidak memerlukan grafik untuk mengetahui nilai tersebut, Hal ini berpengaruh pada penentuan koefisien pada pipa yang akan dipakai jadi dengan tidak menggunakan grafik nilai ketelitiannya lebih mendekati riil dilapangan.

Tabel 2.3.  
Koefisien Karakteristik Pipa menurut *Hazen-Williams*

No	Bahan Pipa	Nilai Koefisien <i>Hazen-Williams</i> ( $C_{\text{hw}}$ )
1	Asbestos Cement	140
2	Brass	130-140
3	Brick Sewer Cast Iron	100
	New Unlined	130
4	10 years old	107-113
	20 years old	98-100
	30 years old	75-90
	40 years old	64-83
5	Concrete or Concrete lined steel Forms	140
	wooden forms	120
	Sentrifugally spun	135
6	Copper	130-140
7	Galanized Iron	120
8	Glass	140
9	Lead	130-140
10	Plastic	140-150
11	PVC	130-150
	steel Forms	
	Coal tarenamel lined	145-150

Sumber: Priyantoro (1991:20)

No	Bahan Pipa	Nilai Koefisien Hazen-Williams (Chw)
12	New Unlined	140-150
	Revited	110
13	Tin	130
14	Vitrified Clay	110-140
15	Wood Stave	120

Sumber: Priyantoro (1991:20)

#### 2.3.4.2 Kehilangan Tinggi Tekan Minor (*Minor Losses*)

Selain kehilangan energi karena gesekan dengan dinding pipa selama pengalirannya terdapat juga kehilangan energi karena harus membelok sehingga terjadi turbulensi. Kehilangan energi juga akan terjadi jika air harus melalui katup. Kehilangan energi ditempat tempat tersebut disebut sebagai kehilangan energi minor. Walaupun disebut minor , kehilangan tersebut lebih besar dibandingkan dengan kehilangan energi akibat gesekan dengan pipa. Dengan demikian kehilangan energi tersebut harus diperhatikan dalam perhitungannya (Triatmodjo, 2013: 68). Adapun kehilangan tinggi tekan minor dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$h_{lm} = k \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2-9)$$

Dengan:

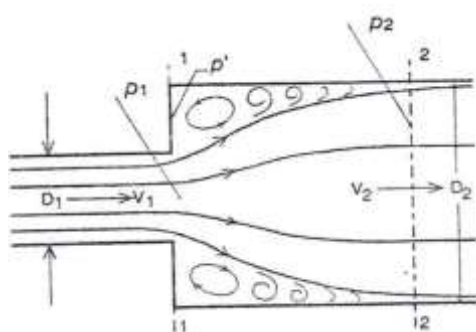
- $h_{lm}$  = kehilangan tinggi minor (m)
- $v$  = kecepatan rata-rata dalam pipa (m/dt)
- $g$  = percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)
- $k$  = koefisien kehilangan tinggi tekan minor

Dalam kehilangan tinggi tekan minor terdapat beberapa perubahan penampang yang terjadi seperti perbesaran penampang, pengecilan penampang maupun belokan pada pipa. Hal ini akan dijelaskan sebagai berikut:

##### a. Perbesaran penampang

Perbesaran penampang mendadak dari aliran seperti yang ditunjukkan pada gambar sehingga mengakibatkan kenaikan tekanan dari P1 menuju P2 dan kecepatan turun dari V1 menjadi V2. Pada tempat perbesaran di (1) tersebut akan terjadi olakan dan aliran akan kembali normal setelah mencapai tampang (2). Berikut ini adalah gambar perbesaran pada suatu penampang.





Gambar 2.5. Perbesaran pipa  
Sumber: Triatmodjo (2011:59)

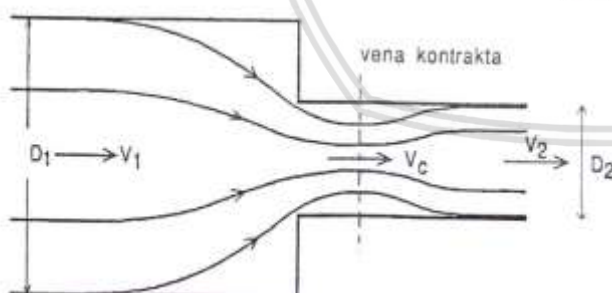
Tabel 2.4.  
Nilai K sebagai fungsi dari P1

P1	$10^0$	$20^0$	$30^0$	$40^0$	$50^0$	$60^0$	$75^0$
K	0,078	0,31	0,49	0,60	0,67	0,72	0,72

Sumber: Triatmodjo (1996:61)

b. Pengecilan penampang

Kehilangan tenaga pada pengecilan pipa dapat dikurangi dengan membuat pengecilan penampang yang berangsur-angsur seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini. Kehilangan tinggi akibat pengecilan yang sering dijumpai dalam praktek adalah sistem pengeluaran aliran dalam pipa pada suatu tandon air.



Gambar 2.6. Pengecilan pipa  
Sumber: Triatmodjo (1996:61)



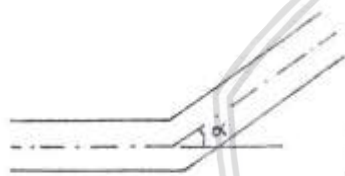
Tabel 2.5.  
Nilai K sebagai fungsi dari  $\alpha$

$\alpha$	$10^0$	$20^0$	$30^0$	$40^0$
k	0,2	0,28	0,32	0,35

Sumber: Priyantoro (1991:28)

c. Belokan Pipa

Kehilangan tenaga yang terjadi pada belokan tergantung pada sudut belokan pipa. Hal ini dapat disebabkan oleh pemisahan arus pada bagian dinding belokan dalam dan aliran sekunder dengan arah transversal.

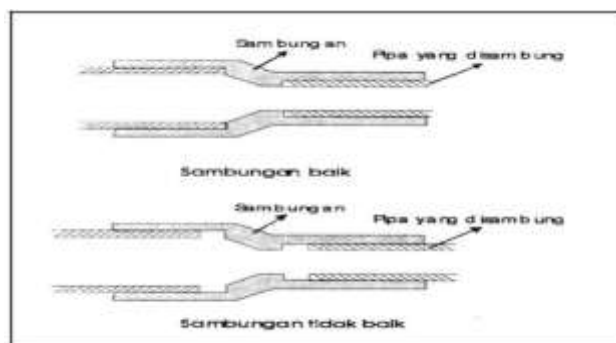


Gambar 2.7 Belokan pipa  
Sumber: Triatmodjo (1996:63)

Tabel 2.6.  
Nilai K sebagai fungsi dari  $\alpha$

$\alpha$	$20^0$	$40^0$	$60^0$	$80^0$	$90^0$
k	0,05	0,14	0,36	0,74	0,98

Sumber: Triatmodjo (1996:6)



Gambar 2.8. Sambungan yang baik dan tidak baik  
Sumber: Triatmadja (2013:69)

## 2.4 Perencanaan Teknis Unit

### 2.4.1 Perencanaan Teknis Unit Transmisi

Perencanaan teknis unit transmisi harus mengoptimalkan jarak antara unit air baku menuju unit produksi dan/atau dari unit produksi menuju reservoir. Hal ini terjadi karena pipa transmisi air baku pada dasarnya harus dirancang untuk dapat mengalirkan kebutuhan maksimum.

Dalam pemasangan pipa transmisi, perlu memasang angker penahan pipa pada bagian belokan baik dalam bentuk belokan arah vertikal maupun belokan arah horizontal untuk menahan gaya yang ditimbulkan akibat tekanan internal dalam pipa dan energi kinetik dari aliran air dalam pipa yang mengakibatkan kerusakan pipa maupun kebocoran aliran air dalam pipa tersebut secara berlebihan.

Sistem transmisi harus menerapkan metode-metode yang mampu mengendalikan pukulan air (*water hammer*) yaitu suatu keadaan bilamana sistem aliran tertutup dalam suatu pipa transmisi terjadi perubahan kecepatan aliran air secara tiba-tiba yang menyebabkan pecahnya pipa transmisi atau berubahnya posisi pipa transmisi dari posisi semula. Sistem pipa transmisi air bersih yang panjang dan berukuran diameter relatif besar sehingga perlu dilengkapi dengan aksesoris dan perlengkapan pipa yang memadai (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tahun 2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Penyediaan Air Minum).

### 2.4.2 Perencanaan Teknis Unit Distribusi

Pada perencanaan jaringan distribusi air bersih, air yang dihasilkan dari Instalasi Pengelolaan Air (IPA) dapat ditampung dalam *reservoir* yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan antara produksi dengan kebutuhan, sebagai penyimpan kebutuhan air dalam kondisi darurat dan sebagai penyediaan kebutuhan air untuk keperluan instalasi. *Reservoir* dibangun dalam bentuk menara air yang umumnya digunakan untuk mengantisipasi kebutuhan puncak pada daerah distribusi (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tahun 2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Penyediaan Air Minum). Ketentuan-ketentuan yang harus dipenuhi dalam perencanaan *layout* sistem distribusi air bersih adalah sebagai berikut:

- a. Denah (*layout*) sistem distribusi ditentukan berdasarkan keadaan topografi wilayah pelayanan dan lokasi instalasi pengelolaan air.
- b. Tipe sistem distribusi ditentukan berdasarkan keadaan topografi wilayah pelayanan.

- c. Jika keadaan topografi tidak memungkinkan untuk sistem gravitasi seluruhnya, diusulkan kombinasi (sistem gravitasi dan pompa). Jika semua wilayah pelayanan relatif datar, maka dapat digunakan sistem pemompaan langsung, kombinasi dengan menggunakan menara air atau penambahan pompa penguat.
- d. Jika terdapat perbedaan elevasi wilayah pelayanan terlalu besar atau lebih dari 40 m, wilayah pelayanan dibagi menjadi beberapa zona sedemikian rupa sehingga memenuhi persyaratan tekanan minimum. Untuk mengatasi tekanan yang berlebihan dapat digunakan katup pelepas tekan. Untuk mengatasi kekurangan tekanan dapat digunakan pompa penguat.

## **2.5 Komponen pada Jaringan Distribusi Air Bersih**

### **2.5.1 Pipa**

Pipa adalah sebuah komponen yang utama dalam suatu sistem jaringan air bersih. Pemasangan pipa pada jaringan distribusi air bersih harus benar-benar disesuaikan, sehingga dapat terjangkau pendistribusiannya keseluruh wilayah. Hal ini juga dipengaruhi oleh pemilihan pipa beserta jenis-jenisnya. Dalam pemilihan pipa yang akan dipakai sangat dipengaruhi pertimbangan sebagai berikut (Mays, 2000:332).

#### **1. Ketersediaan**

- Ketersediaan bahan pipa
- Ukuran dan ketebalan
- Potensi korosi dari air

#### **2. Karakteristik Pipa**

- Kekuatan pipa (khususnya jika terjadi pukulan air)
- Bentuk pipa itu sendiri
- Ketahanan terhadap erosi
- Ketahanan terhadap gesekan air

#### **3. Ekonomi**

- Biaya (biaya instalasi termasuk pekerjaan dan bahan)
- Usia pipa yang dibutuhkan
- Biaya perbaikan dan pemeliharaan

### 2.5.2 Jenis Pipa

Pemilihan jenis pipa nantinya akan berpengaruh pada distribusi air bersih. Ketika jenis pipa yang digunakan untuk mendistribusikan air disuatu daerah tidak cocok, tentu akan memberikan efek tidak baik pada pelayanannya. Adapun jenis pipa yang digunakan dalam sistem jaringan air adalah sebagai berikut:

#### a. *Plastic Pipe*

Pipa plastik memiliki banyak kelebihan seperti tahan terhadap korosi dan ringan.

Polythene ini tersedia dalam warna hitam. Pipa plastik terdiri atas 2 tipe, yaitu:

1. *Low-Density Polythene Pipe*. Pipa ini lebih fleksibel dan diameter tersedia mencapai 63 mm, digunakan untuk jalur panjang.
2. *High-Density Polythene Pipe*. Pipa ini lebih kuat daripada Low-Density Polythene Pipe. Diameter pipa juga beragam antara 16-400 mm. Pipa HDPE juga biasanya digunakan untuk jalur yang panjang.



Gambar 2.9. Pipa HDPE

Sumber: *Navrang Polymers*, 2016

#### 3. Pipa Galvanis (*Galvanized Iron*)

Pipa galvanis adalah pipa besi seng yang dilapisi baja, Pipa GI tersedia dalam diameter 60-750 mm. Instalasi pipa galvanis membutuhkan lebih dalam akurasi dibanding jenis yang lain yang notabene lebih mudah dipotong terutama pemotongan di tempat. Pipa galvanis merupakan bahan yang aman untuk instalasi diluar dan dalam tanah, penambahan pengaman pada instalasi dalam tanah lebih menambah ketahanan pipa galvanis Sedangkan kerugian dari pipa ini adalah pipa mudah berkarat. Sehingga dalam pemeliharaannya pipa ini harus dicat secara berkala. Pipa ini biasanya diletakkan saat jaringan melewati sebuah sungai maupun rel kereta api.



Gambar 2.10. Pipa Galvanis

Sumber: *GI Pipes*, 2004

#### 4. PVC Pipe

Kelakuan pipa PVC (*polyvinyl chloride*) adalah tiga kali kelakuan pipa *polythene* biasa. Pipa PVC lebih kuat dan dapat menahan tekanan lebih tinggi. Pipa ini tersedia dalam ukuran yang bermacam-macam, mulai dari 16 mm sampai dengan 350 mm.

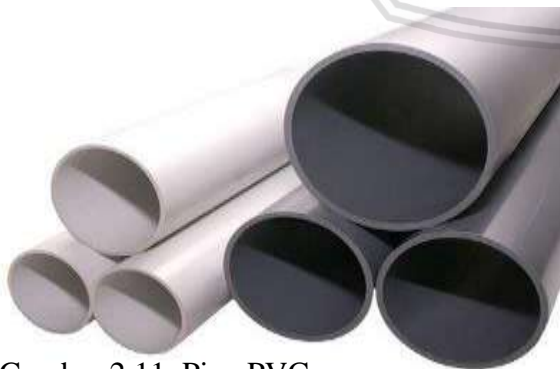
Umur dari pipa ini dapat mencapai 75 tahun (*Linsley, 1996:301*). Keuntungan dan kerugian pipa ini dapat disajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.7.

Keuntungan dan Kerugian Pipa PVC

Keuntungan	Kerugian
1. Harga Pipa yang relatif Murah	1. Pipa ini tidak tahan panas
2. Banyak Tersedia di Pasaran	2. Mudah bocor dan pecah
3. Mudah dalam Pemasangan	
4. Mudah dalam Penyambungan	
5. Mudah dalam Pengoperasian	
6. Pipa tahan karat	

Sumber: Anonim, 2016



Gambar 2.11. Pipa PVC

Sumber: Rony Ardiansyah, 2010

### 5. Pipa *Cast-Iron Pipe*

Pipa ini tersedia untuk ukuran panjang 3,7 dan 5,5 dengan diamter 50-900 mm, serta dapat menahan tekanan air hingga 240 m tergantung besar diameter pipa. Keuntungan dari pipa ini antara lain:

- Harga tidak terlalu mahal
- Ekonomis karna berumur panjang (bisa menyampai seratus tahun)
- Kuat dan Tahan Lama
- Tahan korosi jika dilapisi

Sedangkan kerugian dari pipa ini adalah :

- Cenderung patah selama pengangkutan atau penyambungan



Gambar 2.12. Pipa semen asbes  
Sumber: *Build Daily*, 2016

### 2.5.3 Kriteria Jaringan Pipa Air Bersih

Dalam perencanaan jaringan tentunya terdapat kriteria-kriteria yang harus dipenuhi karena nantinya digunakan sebagai kontrol dalam perencanaan jaringan distribusi air bersih dengan menggunakan *Software* Watercad. Adapun kriteria jaringan pipa ditampilkan pada tabel.

Tabel 2.8.

Kriteria Jaringan Pipa

Kriteria yang ditentukan
1. Kecepatan 0,1 m/dt – 2,5m/dt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecepatan kurang dari 0,1 m/dt               <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Diameter pipa diperkecil</li> <li>b. Ditambahkan pompa</li> </ul> </li> </ul>

Sumber: (Anonim, 2007)



---

Kriteria yang ditentukan

---

- Kecepatan lebih dari 2,5m/dt
    - a. Diameter pipa diperbesar
    - b. Elevasi pipa bagian hulu terlalu besar dibandingkan dengan hilir
  - 2. *Headloss Gradient* 0-15 m/km
    - *Headloss Gradeint* lebih dari 15 m/km
      - a. Diameter pipa diperbesar
      - b. Elevasi pipa bagian hulu terlalu besar dibandingkan dengan hilir pipa
  - 3. Tekanan 0,506 bars (0,5 atm) – 8,1-06 bars (8 atm)
 

1 bar = 0,986923 atm

    - Tekanan kurang dari 0,506 bars (0,5 atm)
      - a. Diameter pipa diperbesar
      - b. Ditambahkan pompa
      - c. Pemasangan pipa yang kedua dibagian atas, sebagian atau keseluruhan dari panjang pipa
    - Tekanan lebih dari 8,106 bars (8 atm)
      - a. Diameter pipa diperkecil
      - b. Ditambahkan bangunan bak pelepas tekan
      - c. Pemasangan *Pressure Reducer Valve* (PRV)
- 

Sumber: (Anonim, 2007)

#### 2.5.4 Sarana Penunjang

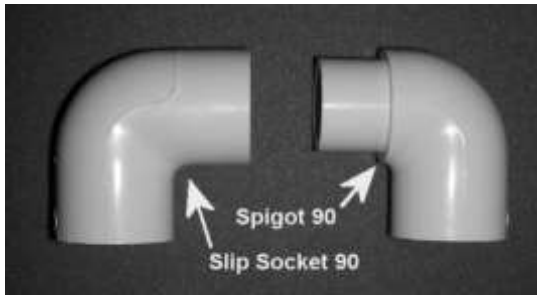
Sarana penunjang memiliki fungsi yang digunakan sebagai pelengkap dalam perencanaan jaringan pipa. Hal ini diupayakan agar pengaliran air dapat berjalan sebagaimana mestinya. Berikut ini adalah beberapa sarana penunjang yang akan dijelaskan:

##### 1. Sambungan antar Pipa

- Spigot
 

Spigot dari suatu pipa dimasukkan kedalam socket pipa lainnya sehingga hal ini dilakukan untuk pengecekan kebocoran.





Gambar 2.13. Spigot  
Sumber: Anonim, 2014

- *Flange Joint*  
Sambungan ini digunakan untuk pipa yang bertekanan tinggi, untuk sambungan yang dekat dengan pompa disiapkan packing diantara flange untuk mencegah kebocoran.



Gambar 2.14. Flange joint  
Sumber: Raswari (1987:290)

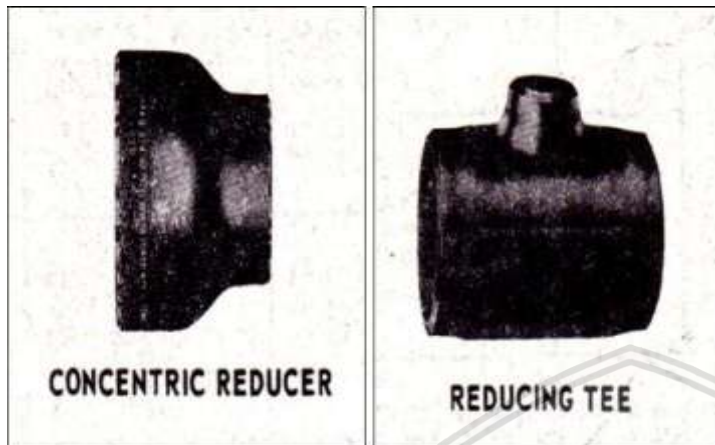
- *Increaser*  
Sambungan increaser digunakan untuk menyambung pipa dari diameter kecil ke pipa yang berdiameter lebih besar.



Gambar 2.15. *Increaser*  
Sumber: Balkan Energi, 2016

- *Reducer*

Sambungan ini digunakan untuk menyambung pipa dari diameter besar ke diameter yang lebih kecil.



Gambar 2.16. *Reducer*

Sumber: Raswari (1987:290)

## 2. Katup

Katup atau *valve* digunakan untuk memenuhi suatu kondisi tertentu dilapangan agar aliran dalam jaringan pipa berfungsi dengan baik. Misalnya kondisi aliran yang terlalu kecil akibat beda tekanan yang terlalu besar atau karena adanya perbaikan jalan maka pipa pada daerah tersebut akan ditutup menggunakan katup. Adapun contoh beberapa katup yang digunakan (Haestads, 2001:277) adalah sebagai berikut:

- *PRV (Pressure Reducing Valve)*

Digunakan untuk menanggulangi tekanan yang terlalu besar di hilir katup. Jika tekanan naik melebihi batas maka PRV akan menutup dan akan terbuka penuh bila tekanan di hulu lebih rendah dari nilai yang telah ditetapkan pada katup tersebut.



Gambar 2.17. PRV

Sumber: Anonim, 2017

- FVC (*Flow Control Valve*)

Digunakan untuk membatasi aliran maksimum rata-rata yang melalui katup dari hulu ke hilir. Dimaksudkan untuk melindungi suatu komponen tertentu yang letaknya di hilir agar tidak rusak akibat aliran yang terlalu besar.



Gambar 2.18. FCV

Sumber: Anonim, 2017

### 3. Meter Air

Meter air digunakan untuk mengetahui debit atau jumlah aliran yang mengalir dalam pipa. Salah satu manfaat penggunaan meter air pada sistem jaringan penyediaan air bersih adalah untuk mengetahui jumlah air yang telah mengalir ke konsumen.



Gambar 2.19. Meter air

Sumber: *Inco Water Meter*, 2014

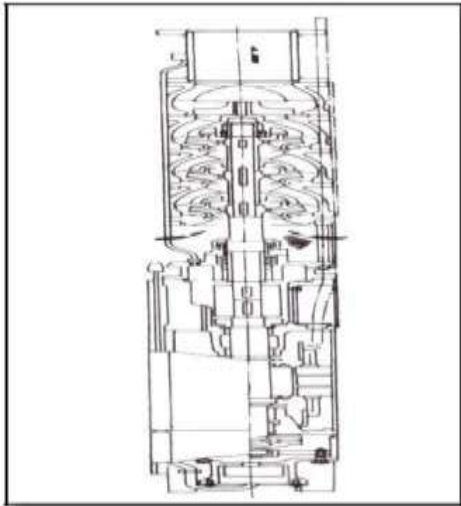
### 4. Pompa Air

Pompa adalah suatu peralatan mekanik yang memiliki fungsi untuk mengangkat atau mengalirkan zat cair dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi. Pompa merupakan alat yang paling utama dalam proses pendistribusian air bersih. Dengan adanya pompa tersebut tenaga persatuan berat air akan bertambah (Yuwono 1977:80).

Pompa mempunyai berbagai ukuran dari yang besar untuk perkotaan sampai yang kecil untuk pedesaan, maka terdapat beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan pompa (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Tahun 2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum) adalah sebagai berikut:

- a. Efisiensi pompa, kapasitas dan total head pompa mampu beroperasi dengan efisiensi tinggi dan bekerja pada titik optimum sistem.
- b. Tipe Pompa
  - Bila ada kekhawatiran terendam air , gunakan pompa tipe vertical
  - Bila total head kurang dari 6 m ukuran pompa (*bore size*) lebih dari 200m, menggunakan tipe *axial flow*.
  - Bila head lebih dari 20 m, atau ukuran pompa lebih kecil dari 200 mm, gunakan tipe sentrifugal.
  - Bila head isap lebih dari 6 m atau tipe pompa mixed-flow atau axial-flow yang lubang pompanya lebih besar dari 1500 mm, digunakan pompa tipe vertical.
- c. Kombinasi pemasangan pompa  
 Kombinasi pemasangan pompa harus memenuhi syarat titik optimum kerja pompa. Titik optimum kerja pompa terletak pada titik potong antara kurva pompa atau kurva sistem. Penggunaan beberapa pompa kecil lebih ekonomis daripada satu pompa besar. Pemakaian pompa kecil akan lebih ekonomis pada saat pemakaian air minimum di daerah distribusi. Perubahan dari operasi satu pompa ke operasi beberapa pompa mengakibatkan efisiensi pompa masing-masing berbeda.
- d. Pompa cadangan diperlukan untuk mengatasi suplai air saat terjadi perawatan dan perbaikan pompa. Pemasangan beberapa pompa sangat ekonomis, dimana pada saat jam puncak semua pompa bekerja, dan apabila salah satu pompa tidak dapat berfungsi, maka kekurangan suplai air ke daerah pelayanan tidak terlalu banyak.

Dalam studi ini, digunakan pompa submersible (pompa dengan motor benam) yang digunakan untuk memompa air tanah. Pompa ini dipasang didalam air tanah dengan digantung pada pipa kolom. Cara kerja pompa ini adalah dengan air melalui saringan yang terdapat didalam pompa lalu selanjutnya air dialirkan keatas melalui pipa kolom yang berfungsi sebagai penggantung unit pompa.



Gambar 2.20. Pompa tipe submersible  
Sumber: Sularso (2000:82)

Sedangkan untuk perhitungan head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa. Head total pompa dapat ditulis sebagai berikut:

$$h_p = h_L + h_{Lm} + Z_B + \frac{VB^2}{2g} \dots\dots\dots(2-10)$$

Dengan:

- hp = Head total pompa (m)
- hl = kehilangan tinggi tekan karena gesekan pada pipa atau major losses (m)
- hlm = kehilangan minor (m)
- zb = beda tinggi antara muka air di sisi keluar dan sisi isap

- e. Penentuan daya generator sangat diperlukan untuk menentukan tipe dan jenis generator yang akan digunakan. Setelah perhitungan daya pompa didapat, maka akan didapat pula daya generatornya yang sesuai dengan besar daya pompa. Sebaiknya daya yang dihasilkan generator harus lebih besar atau sama dengan daya yang dibutuhkan pompa agar generator tersebut kuat untuk mengangkat pompa. Untuk mempermudah pemilihan jenis generator yang akan digunakan, perusahaan-perusahaan telah menyediakan berbagai macam tipe dan jenis generator sesuai dengan yang dibutuhkan.

Daya generator adalah besar daya yang dihasilkan untuk mengangkat/ menjalankan pompa. Besarnya dapat dihitung dengan rumus:



$$P_g = V.I \dots\dots\dots(2-11)$$

Dengan:

$P_g$  = Daya Genset (VA)

$V$  = Voltage (v)

$I$  = Kuat Arus (A)

Setiap generator yang dikeluarkan oleh pabrik sudah mempunyai batas masing-masing tegangan yang dihasilkan. Dalam studi ini daya generator yang dihasilkan untuk dapat mengangkat/menjalankan pompa harus lebih besar atau sama dengan daya pompa yang dibutuhkan, besarnya pompa dapat dihitung dengan:

$$P = \frac{\gamma.Q.H}{n} \dots\dots\dots(2-12)$$

Dengan:

$\gamma$  = berat air per satuan volume ( $\text{Kn}/\text{m}^3$ )

$Q$  = Kapasitas ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$H$  = Head total pompa (m)

$P$  = Daya Pompa (kW)

$N$  = Efisiensi pompa

Apabila suatu generator mendapat pembebanan lebih dari kapasitasnya bisa mengakibatkan generator tidak bekerja atau rusak. Untuk mengatasi beban yang terus meningkat tersebut bisa diatasi dengan menjalankan generator lain yang kemudian dioperasikan secara parallel dengan generator yang telah bekerja sebelumnya.

Efisiensi generator dapat ditentukan dengan pengukuran langsung masukan dan keluaran atau dengan perhitungan setelah besarnya kerugian ditentukan. Efisiensi generator umumnya berkisar 85%-90% (Budiono 1991/1992:177).

Sehingga daya generator maksimal yang dapat digunakan hanya sebesar 85%-90% dari daya total generator. Dengan kata lain, daya generator yang dihasilkan harus lebih besar 17,6 % dari daya pompa yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_g > (17,6\% . P) + P \dots\dots\dots(2-13)$$

Dengan:

$P_g$  = daya genset (VA)

$P$  = daya pompa (kW)



Agar lebih aman, maka daya generator yang dihasilkan yaitu 30% lebih besar dari daya pompa yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_g < (30\% \cdot P) + P \dots\dots\dots(2-14)$$

Dengan:

$P$  = Daya pompa (kW)

## 5. Menara Air

Menara air merupakan komponen dari sistem jaringan distribusi air bersih yang memiliki fungsi menampung dan menyimpan air untuk digunakan pada kondisi tertentu. Pengisian tampungan menara air dilakukan apabila kebutuhan air bersih tidak mencapai puncak atau menurun. Bangunan penyimpan air ini umumnya dari konstruksi beton bertulang dan rapat air. Kerusakan dapat terjadi karena ada gempa, tanah longsor, banjir ataupun bocor karena umur pakai. Lokasi dan tinggi menara air ditentukan berdasarkan pertimbangan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tahun 2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum) sebagai berikut:

- a. Menara air berada di tempat sedekat mungkin dengan pusat daerah pelayanan, kecuali jika keadaan tidak memungkinkan. Selain itu harus dipertimbangkan pemasangan pipa paralel.
- b. Tinggi menara air pada sistem gravitasi ditentukan sedemikian rupa sehingga tekanan minimum sesuai hasil perhitungan hidrolis di jaringan pipa distribusi. Muka air menara air diperhitungkan berdasarkan tinggi muka air minimum.
- c. Jika elevasi muka tanah wilayah pelayanan bervariasi, maka wilayah pelayanan dapat dibagi menjadi beberapa zona wilayah pelayanan yang dilayani masing-masing dengan satu menara air. Setiap menara air memiliki perlengkapan sebagai berikut:
  - Pipa air masuk dan pipa air keluar  
 Pipa air masuk berfungsi untuk mengalirkan air ke dalam menara air. Menara air biasanya mempunyai inlet dan outlet yang terpisah. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan sirkulasi aliran didalam menara air sehingga air yang keluar mempunyai kualitas yang terjamin.
  - Tangga naik dan turun ke dalam bak  
 Tangga harus disiapkan untuk menjaga keamanan dan kemudahan akses ke beberapa bagian menara air.

- Pipa Pelimpah untuk kelebihan air  
Pipa pelimpah terutama digunakan pada saat pengukur ketinggian air dalam keadaan rusak. Ujung dari pipa peluap ini tidak boleh disambung langsung ke pipa buangan, harus ada celah udara yang cukup. Pada ujung pipa peluap juga harus dilengkapi dengan saringan serangga.



Gambar 2.21. Menara air  
Sumber: Dokumentasi Lapangan

#### 6. Titik Simpul

Titik simpul merupakan titik-titik pada sistem jaringan pipa dimana air akan masuk dan keluar dari jaringan melalui titik tersebut, sedangkan yang dimaksud dengan titik simpul persimpangan adalah titik simpul yang merupakan penghubung dua pipa atau lebih. Titik simpul mempunyai kondisi tetap jika tekanan dan elevasinya tetap.

### 2.6 Analisa Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih dengan *Software WaterCAD V8i*

Dalam studi ini untuk menganalisa aspek hidrolika perencanaan distribusi air bersihnya agar mengetahui besar kecepatan, *headloss gradient* dan tekanan menggunakan *Software WaterCAD V8i*, beberapa pertimbangan mengapa menggunakan aplikasi ini karna sesuai dengan formula akurat menggunakan formula *Hazens-William*, yang sudah diketahui koefisien karakteristik pipanya, dan juga Software ini dapat mengetahui letak kesalahan

dalam pembuatan jaringan perencanaan distribusi airnya. Selanjutnya akan dipaparkan kembali mengenai Software WaterCAD V8i tentang kelebihan aplikasi ini dan tahap tahap dalam menggunakannya.

### 2.6.1 Pengenalan WaterCAD V8i

Pada saat ini *software* di bidang pengairan khususnya untuk perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih sudah berkembang sedemikian rupa, sehingga kerumitan dalam perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih dapat diatasi menggunakan *software* yang sudah diperbarui. Dengan adanya *software* tersebut, maka dapat dilakukan proses proses *trial and error* dalam waktu singkat. Hal ini digunakan untuk menganalisa dan mengecek kesalahan yang terjadi saat perencanaan.

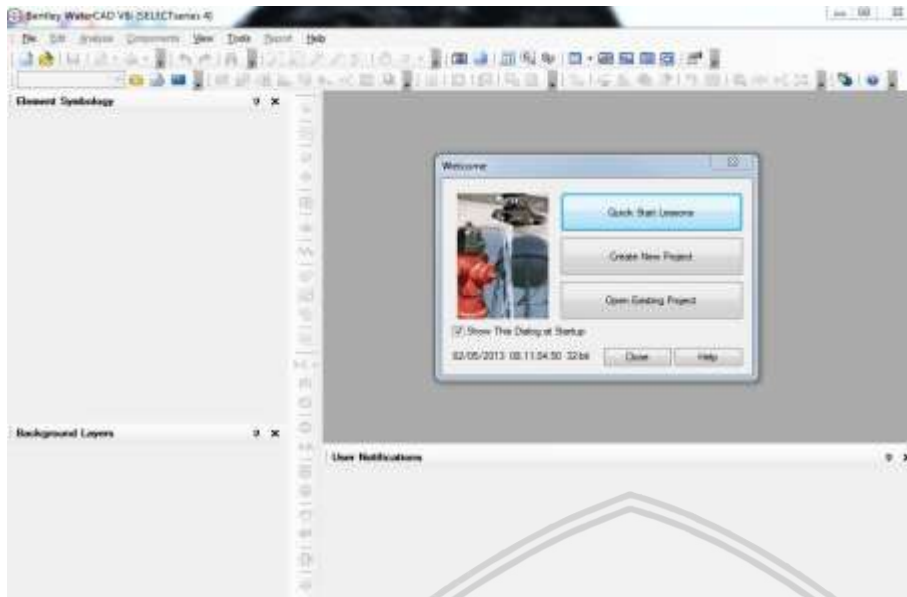
*Software* yang digunakan dalam proses *trial and error* di bidang rekayasa dan perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih tersebut adalah *Software* Watercad. WaterCad merupakan aplikasi dengan kemampuan jumlah pipa yang dapat dianalisa lebih dari 250 buah pipa. *Software* ini sudah banyak melakukan perbaruan, namun yang akan digunakan oleh penulis adalah versi 8i. Disamping itu, watercad memiliki kemampuan interface yang mudah digunakan, dimana seluruh fasilitas sudah disediakan berupa opsi atau pilihan yang tinggal diaplikasikan sesuai jenis yang kita inginkan. Misalnya kita dapat menginput data yang diperlukan adalah berupa data sumber, data kebutuhan air, peta hingga munculah jaringan yang nantinya akan diperoleh suatu output dengan karakteristik yang meliputi debit air, kecepatan, tekanan dan kehilangan tinggi. Secara garis besar, kegunaan *Software* Watercad antara lain:

- Menganalisis sistem jaringan distribusi air pada satu kondisi waktu tertentu
- Menganalisis tahapan-tahapan simulasi pada sistem jaringan terhadap adanya kebutuhan air yang berfluktuatif menurut waktu.

### 2.6.2 Tahapan-tahapan Dalam Penggunaan Software WaterCAD V8I

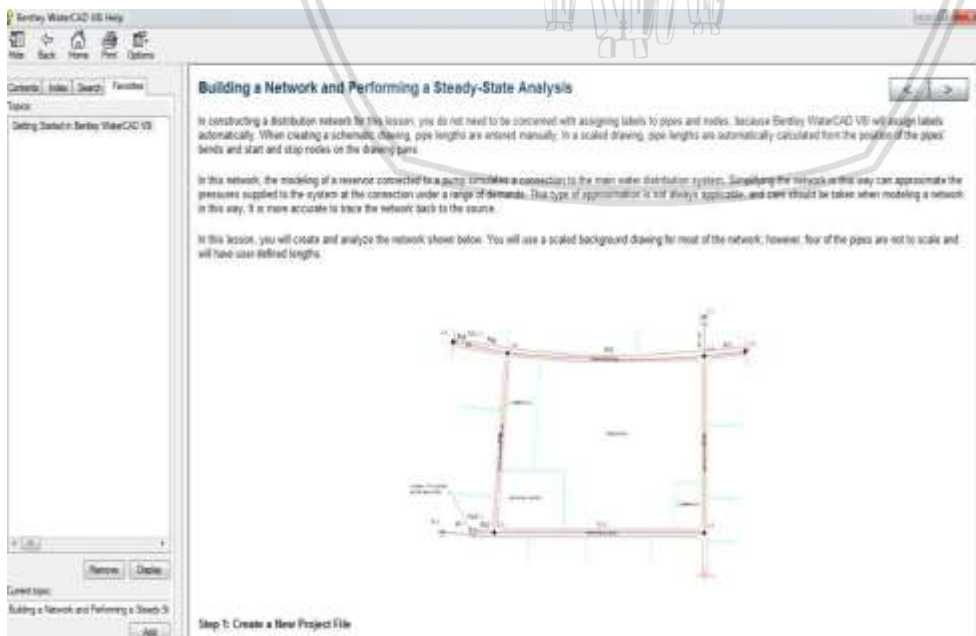
#### a) Pembukaan Software WaterCAD V8i

Pada awal pembukaan *software* Watercad V8i, akan diperlihatkan sebuah *box* yang disebut *welcome*. Kotak tersebut berisi *Quick Start Lessons*, *Create New Project*, *Open Existing Project* seperti terlihat pada gambar di bawah. Melalui *welcome* ini pengguna dapat langsung mengakses ke bagian lain yang dipilih untuk menjalankan program ini.



Gambar 2.22. Tampilan *Welcome* pada *Watercad V8i*  
Sumber: Dokumentasi

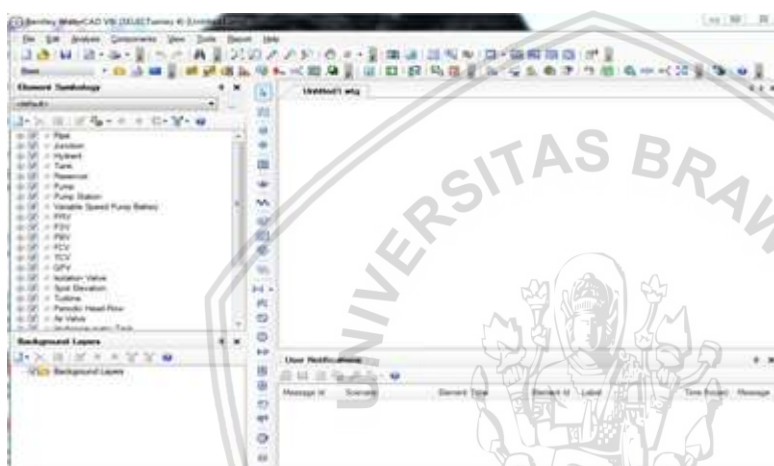
*Quick Start Lessons*, digunakan untuk mempelajari bagaimana *software* ini berjalan. Hal ini dapat dilakukan dengan melihat contoh jaringan yang telah disediakan. *Quick Start Lessons* pada *Watercad V8i* akan menuntun pengguna memahami cara menggunakan *software* ini. Untuk membuka *quick start lessons* dilakukan dengan mendouble klik kotak *quick start lessons* dan akan muncul beberapa tutorial yang telah disediakan dan dapat dipelajari oleh pengguna.



Gambar 2.23. Tampilan *quick start lessons*  
Sumber: Dokumentasi

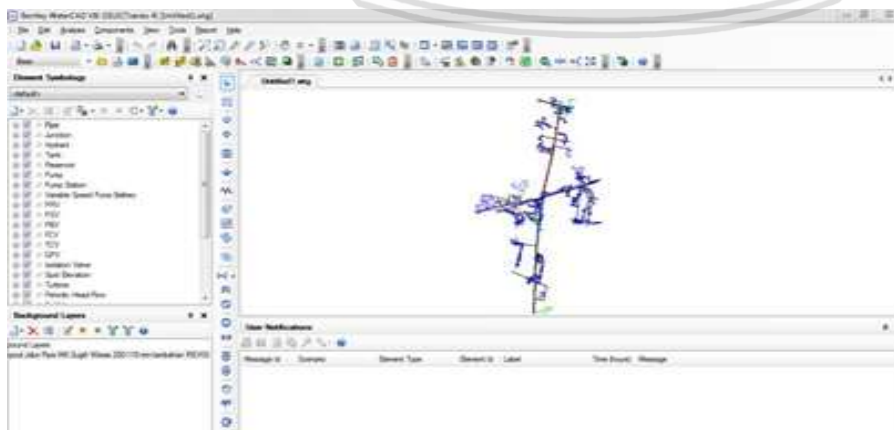
b) Pembuatan Lembar Kerja

Selanjutnya dengan memilih *create new project* pada *Welcome* yang telah disediakan, maka pengguna akan langsung masuk ke dalam lembar kerja baru, sehingga penggambaran dapat mulai dilaksanakan, namun apabila telah mempunyai suatu jaringan sebelumnya pengguna dapat menampilkan *Background Layers* dengan cara mengklik kanan *background layers-new-file* dan pilih *file dxf*. Setelah file dxf terpilih maka pada *software* Watercad V8i ini akan langsung bisa digambarkan dengan memilih menu *Properties* dan unit diganti dalam m (meter). Setelah itu klik (OK) dan *zoom extents*.



Gambar 2.24. Tampilan lembar kerja pada Watercad V8i  
Sumber: Dokumentasi

Seperti dijelaskan diatas, maka berikut ini adalah contoh gambar setelah *Background Layers* muncul dalam tampilan sehingga perencanaan atau penggambaran jaringan bisa dilakukan.



Gambar 2.25. Tampilan *Background Layers* pada Watercad V8i  
Sumber: Dokumentasi



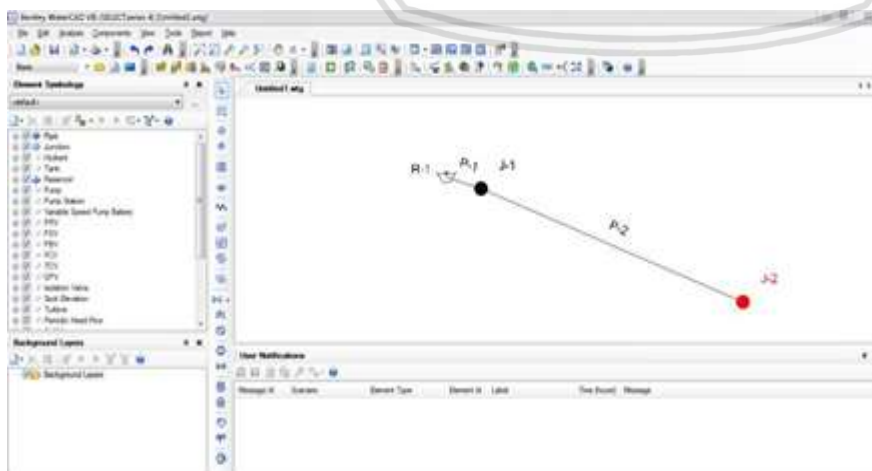
Ketika penggambaran jaringan, hal yang perlu diperhatikan adalah mengisi data-data teknis dan pemodelan komponen-komponen sistem jaringan distribusi air bersih yang akan dipakai dalam penggambaran sehingga memudahkan pengguna dalam hal pengecekan. Komponen tersebut terdiri dari reservoir, pipa, titik simpul (*junction*) dan lain-lain.

### c) Pemodelan Komponen-komponen Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

Dalam Watercad V8i, hal yang perlu dilakukan untuk mendekati kinerja disuatu lapangan adalah dengan memodelkan komponen sistem jaringan distribusi air bersih seperti titik reservoir, pipa, titik simpul (*junction*). *Software* Watercad V8i telah memberikan penamaan setiap komponen tersebut secara otomatis yang dapat diganti sesuai dengan keperluan agar memudahkan pengguna dalam pengerjaan, pengamatan, penggantian ataupun pencarian suatu komponen tertentu. Maka perancang harus mengetahui cara memodelkan setiap komponen sistem jaringan distribusi air bersih dengan benar. Adapun jenis-jenis pemodelan komponen sistem jaringan distribusi air bersih dalam Watercad V8i adalah sebagai berikut:

#### 1. Pemodelan titik-titik simpul (*Junction*)

Titik simpul merupakan suatu komponen yang bersinggungan langsung dengan konsumen dalam hal pemberian air bersih. Tipe aliran pada titik simpul ini, yaitu berupa kebutuhan air. Jenis aliran yang berupa kebutuhan air baku digunakan bila pada simpul tersebut ada pengambilan air. Jadi, titik simpul ini merupakan titik dimana menjadi acuan dalam mendistribusikan air ke suatu desa. Data yang dibutuhkan sebagai masukan bagi titik simpul antara lain elevasi titik simpul dan data kebutuhan air bersih pada titik simpul tersebut.

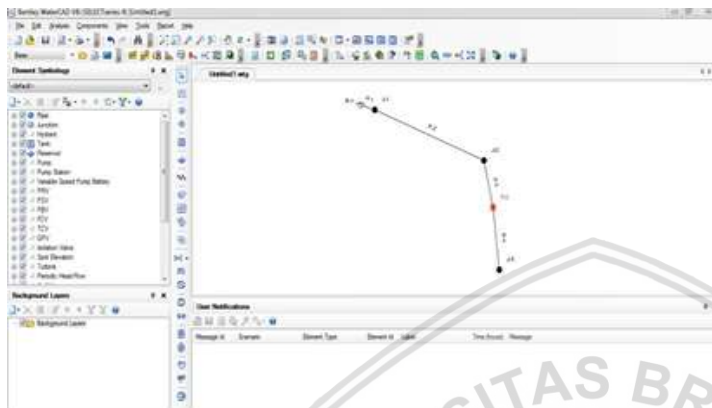


Gambar 2.26. Tampilan reservoir, pipa dan titik simpul pada Watercad V8i  
Sumber : Dokumentasi



## 2. Pemodelan Menara Air

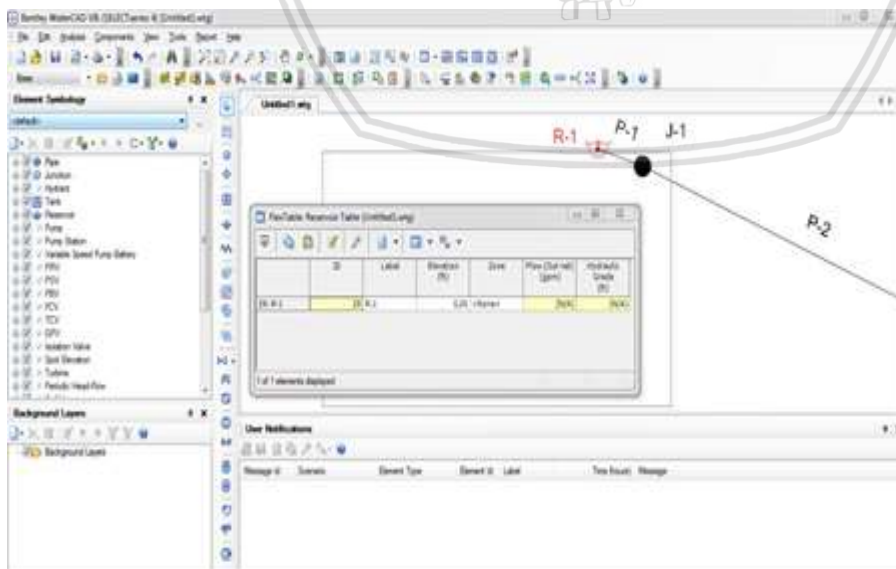
Untuk pemodelan menara air diperlukan beberapa data yaitu ukuran bentuk dan elevasi tandon. Data elevasi yang dibutuhkan oleh tandon meliputi tiga macam yaitu elevasi maksimum, elevasi minimum dan elevasi awal kerja (*initial elevation*) dimana elevasi awal kerja harus berada pada kisaran elevasi minimum dan elevasi maksimum.



Gambar 2.27. Tampilan menara air pada Watercad V8i  
Sumber: Dokumentasi

## 3. Pemodelan Reservoir

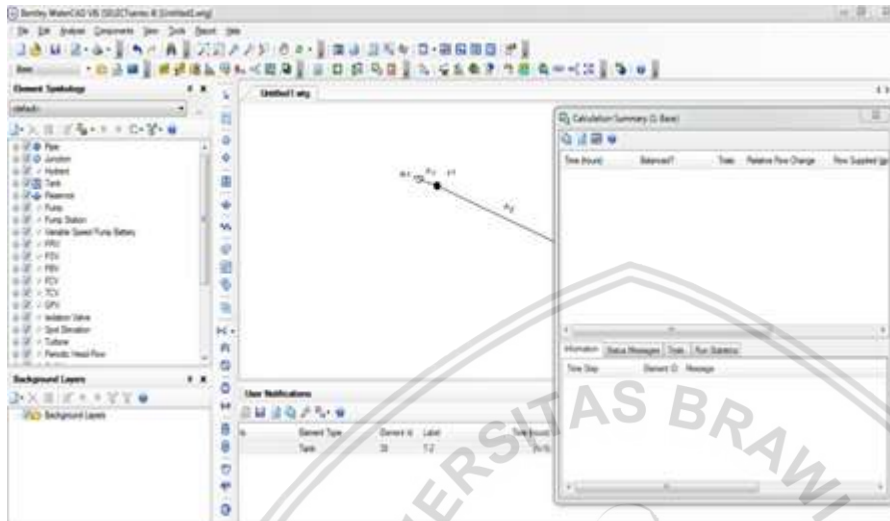
Pada *software* Watercad V8i, reservoir digunakan sebagai model dari suatu sumber air seperti danau dan sungai maupun air tanah. Disini, reservoir dimodelkan sebagai sumber air yang memiliki elevasi air selalu berada pada elevasi konstan pada saat berapapun kebutuhan airnya. Data yang dibutuhkan untuk memodelkan sebuah reservoir adalah kapasitas tampungan dan elevasi mata air tersebut.



Gambar 2.28. Tampilan pengisian data teknis reservoir pada Watercad V8i  
Sumber: Dokumentasi

d) Perhitungan dan Analisis Sistem Distribusi Jaringan Air Bersih

Setelah jaringan tergambar sedemikian rupa dan semua komponen tertata sesuai dengan yang diinginkan, maka untuk menganalisis sistem jaringan tersebut dilakukanlah *running (calculate)*.



Gambar 2.29. Tampilan hasil *running (Calculate)* pada *Watercad V8i*  
Sumber: Dokumentasi

Sehingga dari poin-poin diatas, diketahui bahwa komponen-komponen yang ada pada *software* Watercad V8i dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Pipa, merupakan komponen terpenting dalam suatu perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih. Data yang dibutuhkan berupa data pipa, nomer titik, panjang, diameter, koefisien kekasaran serta bahan pipa.
2. Titik simpul, merupakan titik yang digunakan untuk mengontrol air disetiap pipa itu diletakkan. Data yang dibutuhkan berupa nomer titik, elevasi beserta debit yang telah dihitung sebelumnya.
3. Menara air, data yang dibutuhkan untuk memenuhi komponen menara air itu sendiri adalah nomor menara air, elevasi dasar, elevasi maksimum, elevasi minimum, dimensi tandon beserta kapasitasnya.
4. Reservoir, data yang dibutuhkan adalah data sumber, elevasi, nomor reservoir dan kapasitas sumber air.
5. Pompa, yaitu data yang akan digunakan berupa data pompa, elevasi, kapasitas pompa.
6. Compute, merupakan suatu langkah untuk melakukan proses simulasi.
7. *Report* adalah hasil dari simulasi, titik simpul, pipa dan lain sebagainya.

## 2.7 Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

Sebuah Konsep Estimasi Anggaran Biaya yang terstruktur sehingga menghasilkan nilai estimasi rancangan yang tepat dalam arti ekonomis yang selanjutnya dikenakan dengan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Proyek, yang mempunyai fungsi dan manfaat lebih lanjut dalam hal mengendalikan sumberdaya material, tenaga kerja, peralatan dan waktu pelaksanaan proyek sehingga pelaksanaan kegiatan proyek yang dilakukan akan mempunyai nilai efisiensi dan efektifitas.

Konsep penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek pada pelaksanaan didasarkan pada sebuah analisa masing masing komponen penyusunnya (material, upah, dan peralatan) untuk tiap tiap item pekerjaan yang terdapat dalam keseluruhan proyek. Hasil analisa komponen tersebut pada akhirnya akan menghasilkan Acuan Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) per item yang menjadi dasar dalam menentukan estimasi biaya pelaksanaan proyek keseluruhan dengan mengonversikannya kedalam total volume untuk tiap item pekerjaan yang dimaksud.

## 2.8 Analisa ekonomi

Analisa ekonomi adalah peninjauan terhadap suatu pekerjaan pembangunan untuk mengevaluasi perihal kelayakan suatu pekerjaan pembangunan yang dinilai dari aspek ekonomi. Aspek ekonomi yang dimaksud adalah perihal perputaran keuangan, baik itu keuangan yang dikeluarkan untuk pekerjaan pembangunan maupun keuangan yang didapatkan dari hasil pembangunan. Menurut Giatman (2007), terdapat lima parameter yang biasa digunakan untuk menganalisa ekonomi suatu pekerjaan pembangunan, yaitu *Benefit Cost Ratio* (BCR), *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate Return* (IRR), Analisa Pengembalian (*Payback Period*), dan Analisa Sensivitas.

### 2.8.1 *Benefit Cost Ratio* (BCR)

*Benefit Cost Ratio* (BCR) adalah parameter yang digunakan untuk menganalisa ekonomi suatu pekerjaan pembangunan yang didapatkan dari perbandingan antara jumlah nilai manfaat dari hasil pembangunan dengan jumlah nilai biaya yang dikeluarkan untuk pekerjaan pembangunan tersebut. Jika hasil  $BCR \leq 1$  maka pembangunan tersebut layak untuk dikerjakan, sedangkan apabila hasil  $BCR \geq 1$  maka pembangunan tersebut tidak layak untuk dikerjakan. Menurut Giatman (2007), *Benefit Cost Ratio* (BCR) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$BCR = \frac{\sum PV Benefit}{\sum PV Cost} \dots\dots\dots(2-15)$$

Dengan:

BCR : *Benefit Cost Ratio*

$\sum PV Benefit$  : jumlah nilai manfaat dari hasil pembangunan (rupiah)

$\sum PV Cost$  : Jumlah nilai biaya yang dikeluarkan untuk pekerjaan pembangunan (rupiah)

### 2.8.2 Net Present Value (NPV)

*Net Present Value* (NPV) adalah parameter yang digunakan untuk menganalisa ekonomi suatu pekerjaan pembangunan yang didapatkan dari selisih antara cash flow yang dihasilkan terhadap investasi yang dikeluarkan namun telah di present value kan. Jika hasil NPV > 0 maka pembangunan tersebut layak untuk dikerjakan, jika hasil NPV = 0, maka pembangunan tersebut impas, sedangkan apabila hasil NPV < 0 maka pembangunan tersebut tidak layak untuk dikerjakan. Menurut Kodoatie (1995), *Net Present Value* (NPV) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{(B-C)_t}{(1+i)^t} \dots\dots\dots(2-16)$$

Dengan:

NPV : *Net Present Value*

$B_t$  : manfaat pada tahun ke t (rupiah)

$C_t$  : biaya pada tahun ke t (tahun)

N : usia guna proyek (tahun)

T : tahun yang sedang berjalan

I : suku bunga yang ditetapkan (%)

### 2.8.3 Internal Rate Return (IRR)

*Internal Rate Return* (IRR) adalah parameter yang digunakan untuk menganalisa ekonomi suatu pekerjaan pembangunan dengan menentukan nilai suku bunga agar hasil BCR (Benefit Cost Ratio) bernilai sama dengan satu dan *Net Present Value* (NPV) bernilai sama dengan nol. Jika nilai IRR > suku bunga yang ditetapkan, maka pembangunan itu layak untuk dikerjakan, sedangkan apabila nilai IRR < suku bunga yang ditetapkan, maka pembangunan tersebut tidak layak untuk dikerjakan. Menurut Kodoatie (1995), *Internal Rate Return* (IRR) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$IRR = I' + \frac{NPV'}{(NPV' - NPV'')}(I'' - I') \dots\dots\dots(2-17)$$

Dengan:

IRR = *Internal Rate Return*

NPV' = *Net Present Value Positive*

NPV'' = *Net Present Value Negative*

I' = Suku bunga pada NPV (*Net Present Value Positive*)

I'' = Suku bunga pada NPV (*Net Present Value Negative*)

#### 2.8.4 Analisa Pengembalian (*Payback Period*)

Analisa pengembalian (*payback period*) adalah parameter yang digunakan untuk menganalisa ekonomi suatu pekerjaan pembangunan dengan mengetahui periode waktu yang diperlukan untuk mengembalikan semua biaya yang telah dikeluarkan untuk pekerjaan pembangunan. Jika periode pengembalian lebih kecil sama dengan usia guna proyek, maka pembangunan tersebut layak untuk dikerjakan, sedangkan apabila periode pengembalian lebih besar dari pada usia guna proyek, maka pembangunan tersebut tidak layak dikerjakan. Menurut Giatman (2007), analisa pengembalian (*payback period*) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$PP = \frac{C}{B} \cdot P \dots\dots\dots(2-18)$$

Dengan:

PP = *Payback Period*

C = Biaya yang dikeluarkan

B = manfaat yang didapatkan (rupiah)

P = periode waktu

#### 2.8.5 Analisa Sensivitas

Analisa sensivitas adalah parameter yang digunakan untuk menganalisa ekonomi suatu pekerjaan pembangunan dengan memperkirakan kejadian tak terduga yang sifatnya merugikan, baik pada saat pembangunan maupun setelah pembangunan. hal tersebut penting dilakukan agar dapat memperkirakan dampak kerugian yang akan terjadi pada analisa ekonomi pembangunan. sehingga setiap perhitungan analisa ekonomi dibuat skenario terhadap kejadian tak terduga yang sifatnya merugikan, baik pada saat pembangunan maupun setelah pembangunan. Seperti mengubah biaya yang dikeluarkan untuk pekerjaan



pembangunan, mengubah manfaat yang didapatkan dari hasil pembangunan, mengubah usia guna proyek, mengubah suku bunga, maupun periode pengembalian. Jadi setiap pengembalian keputusan terhadap analisa ekonomi sifat nya sensitif sehingga tidak terjadi kerugian, baik pada saat pembangunan maupun setelah pembangunan.

## 2.9 Penentuan Harga Air Bersih

Penentuan harga air bersih didasarkan terhadap biaya yang dikeluarkan untuk memproduksi air bersih yang dimaksudkan meliputi biaya yang digunakan untuk pekerjaan pembangunan, biaya yang digunakan untuk pengoprasionalan, maupun biaya yang digunakan untuk pemeliharaan. Hal tersebut menjadi variabel dalam parameter yang digunakan untuk melakukan analisa ekonomi guna menentukan harga air bersih yang akan dijual kepada konsumen.

Secara umum, penentuan harga air bersih ditentukan berdasarkan analisa ekonomi dengan parameter sebagai berikut (Lufira, 2012):

1. Perbandingan antar jumlah nilai manfaat dari hasil pembangunan dengan jumlah nilai biaya yang dikeluarkan untuk pekerjaan pembangunan harus menunjukkan keuntungan, sehingga nilai BCR (*Benefit Cost Ratio*) harus lebih dari 1.
2. Selisih antara cash flow yang dihasilkan terhadap investasi yang dikeluarkan namun telah di-present value-kan harus menunjukkan keuntungan, sehingga nilai NPV (*Net Present Value*) harus lebih dari nol.
3. Memperhitungkan bunga dari hasil aktivitas kelompok Himpunan Penduduk Pemakai Air Minum/HIPPAM yang dananya disimpan di bank.

Penentuan harga air bersih pada dasarnya tidak memperbolehkan terjadinya kerugian, sehingga harus menghasilkan keuntungan dari biaya yang dikeluarkan, namun dalam menentukan harga air bersih juga tidak boleh memberatkan konsumen untuk mendapatkan air bersih. Menurut peraturan menteri dalam negeri nomor 23 tahun 2006, tarif dasar air bersih nilainya ekuivalen dengan biaya dasar air bersih. Sedangkan biaya dasar air bersih itu sendiri dapat dihitung dengan membandingkan antara biaya dasar usaha dengan jumlah air yang dapat diproduksi yang dikurangi dengan jumlah kehilangan air dalam periode 1 tahun.



### BAB III METODE PENELITIAN

#### 3.1 Kondisi Daerah Studi

Secara geografis Kabupaten Malang terletak pada posisi  $112^{\circ}17'$  -  $112,57^{\circ}$  Bujur Timur dan  $7^{\circ}44'$  –  $8^{\circ}26'$  Lintang Selatan (Pemda Kab. Malang, 2018). Berdasarkan batas wilayahnya, Kabupaten Malang memiliki batas-batas: Utara ada Kabupaten Jombang, Kabupaten Pasuruan dan Kota Batu, Selatan ada Samudra Hindia, sebelah Timur ada Kabupaten Lumajang dan Kabupaten Probolinggo, dan sebelah Barat ada Kabupaten Blitar dan Kabupaten Kediri.

Secara administratif, Kabupaten Malang memiliki 33 Kecamatan (Pemda Kab. Malang, 2018). Salah satunya adalah Kecamatan Dau. Kecamatan Dau inilah yang menjadi daerah studi. Adapun batas administratif dari Kecamatan Dau adalah:

Sebelah Utara	: Kecamatan Karang Ploso
Sebelah Selatan	: Kecamatan Wagir
Sebelah Timur	: Kecamatan Lowokaru
Sebelah Barat	: Kota Batu

Luas wilayah pada Kecamatan Dau ini sebesar  $41,96 \text{ km}^2$  (1,41% dari Luas Kabupaten Malang), (Pemda Kab. Malang, 2018). Kecamatan Dau ini memiliki 10 desa dan sebagian penduduk dari desa tersebut bermata pencaharian pertanian. Dari 10 desa ini yang digunakan sebagai objek studi adalah Desa Karang Widoro tepatnya pada perumahan *The OZ* yang merupakan daerah perencanaan jaringan distribusi air bersih. Perumahan *The OZ* sendiri memiliki luas 4,9 ha. Pada Gambar 3.1 menjelaskan gambaran peta lokasi studi di Kecamatan Dau.



Gambar 3.1. Peta Lokasi Studi (Kecamatan Dau)  
Sumber: PT.Podo Joyo Masyhur



Gambar 3.2. Peta Lokasi Studi (daerah perencanaan pipa air bersih di Perumahan *The OZ*)  
Sumber: Google Earth

### 3.1.1 Kondisi Eksisting

Pada pembahasan kondisi eksisting ini, akan diulas mengenai kondisi sumber air, pompa dan menara air yang sudah ada dilapangan. Berikut adalah penjelasannya:

#### a. Sumber Air

Dalam persediaan kebutuhan air bersih di daerah perencanaan jaringan air bersih menggunakan sumber air yang berasal dari desa karang widoro Kecamatan Dau Kabupaten Malang. Nantinya, sumber ini yang akan digunakan untuk perencanaan ke perumahan *The OZ* Desa Karang Widoro Kecamatan Dau Kabupaten Malang. Berikut ini adalah gambar peta lokasi sumber air:



Gambar 3.3. Peta Lokasi Studi (Sumber Air)

Sumber: Google Earth

Gambar 3.3. menunjukkan lokasi sumber air yang lebih detail, yaitu setelah melewati jalan Birdge Town, lurus memasuki gerbang perumahan *The OZ*, lalu belok kiri, setelah itu akan ditemukan sumber air yang berada pada kiri jalan. Sumber air yang digunakan dalam studi ini adalah memanfaatkan air tanah dengan debit sebesar 10 lt/dt (PT.Podo Joyo Masyhur,2018). Pengaliran debit tersebut dilakukan oleh PT.Podo Joyo Masyhur dengan bantuan pompa sehingga air akan di distribusikan ke tandon setelah itu mencapai ke rumah-rumah yang akan dilayani dengan bantuan gaya gravitasi.





Gambar 3.4. Lokasi Sumber Air  
Sumber: Dokumentasi Lapangan

Gambar 3.4. menjelaskan bahwa sumber air berasal dari dalam tanah, yang didapatkan melalui proses pengeboran sumur, dengan kedalaman 250 m, air yang menembus lapisan impermeable merupakan air abadi yang tidak ada habisnya, maka untuk aspek pelestarian sumur bor dalam, cukup dengan melakukan penghijauan di dalam perumahan *The OZ*.

b. Pompa

Dalam mendistribusikan air dari sumber ke tandon diperlukan pompa yang digunakan untuk menaikkan air ke permukaan yang lebih tinggi. Pompa tersebut terdiri dari 1 buah, yaitu pompa untuk penyaluran ke tandon, sedangkan untuk mengalir ke rumah-rumah menggunakan gaya gravitasi. Tipe pompa yang digunakan adalah submersible (tipe pompa yang dirancang khusus dengan meletakkannya didalam air dan mendorong aliran air yang melewati pipa).

c. Tandon

Air yang telah terpompa, kemudian disalurkan menuju tandon. Tandon didesign untuk merupakan wadah sementara dalam penampungan air yang nantinya akan disalurkan lagi ke rumah-rumah yang akan dilayani kebutuhan air bersihnya. Lokasi tandon air terletak pada Perumahan *The OZ* Kecamatan Karang Widoro Kecamatan Dau Kabupaten Malang. Tandon disini berbentuk persegi. Selain itu terdapat pipa inlet, outlet dan pipa pembuangan apabila terdapat kelebihan air serta tangga pengontrol tandon.



Gambar 3.5. Tandon Air pada Lokasi Studi  
Sumber: Dokumentasi Lapangan

Gambar 3.5. menjelaskan tentang kondisi tandon, tandon berbentuk kubus dengan alas persegi yang berada pada elevasi dasar +635 m, dengan ketinggian 13 m. Tandon mampu menampung air sebanyak  $54 \text{ m}^3$ .



Gambar 3.6. Sarana Penunjang Tandon  
Sumber : Dokumentasi Lapangan

Gambar 3.6. menunjukkan sarana penunjang yang ada pada tandon. Pada keterangan 1 adalah pipa inlet yang berfungsi mengalirkan air menuju bak tandon. Selanjutnya keterangan 2 terdapat pipa keluaran dari bak tandon menuju daerah yang akan dilayani serta keterangan 3 adalah pipa pelimpah yang berfungsi sebagai pipa pembuangan kelebihan air.

### 3.1.2 Kondisi Perencanaan

Dalam perencanaan jaringan distribusi air bersih nantinya akan ditujukan untuk perumahan *The OZ*. Untuk informasi pelengkap, pada pembangunan perumahan di *The OZ* ini, PT.Podo Joyo Masyhur tidak melibatkan PDAM Kabupaten Malang dalam pelayanan air bersihnya, yang mengartikan perencanaan serta pengelolaan nya akan di *handle* oleh HIPAM (Himpunan Penduduk Pemakai Air). Adapun kondisi perencanaan dari segi pompa dan lain-lain sama halnya dengan kondisi eksisting seperti biasanya, dan akan ditambahkan beberapa komponen yang memang diperlukan dalam menunjang perencanaan jaringan distribusi air bersih. Untuk lebih jelasnya akan dijelaskan pada sub bab setelah ini.

### 3.2 Data Pendukung Kajian

Dalam studi ini diperlukan data-data teknis maupun data pendukung guna mengkaji sistem jaringan distribusi air bersih. Adapun data yang diperlukan meliputi data penduduk, data sumber air, peta topografi, peta layout dan data teknis jaringan eksisting. Berikut ini adalah penjelasannya :

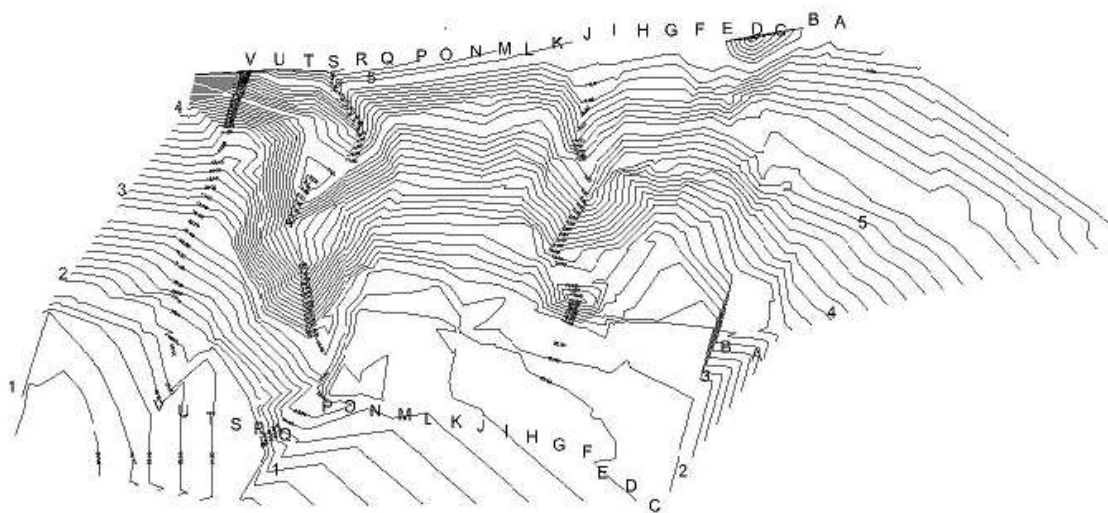
#### 3.2.1 Data Penduduk

Data ini didapat berdasarkan asumsi dikarenakan belum ada penduduk pada perumahan *The OZ*. Data yang diperlukan diasumsikan 5 orang per rumah, dengan keterangan 1 orang ayah, 1 orang ibu, 2 orang anak dan 1 pembantu rumah tangga, rencana rumah yang akan dibangun sebesar 250 rumah, didapat data penduduknya adalah 1250 orang (Hasil Perhitungan,2018).

#### 3.2.2 Peta Topografi

Peta ini didapat dari PT Podo Joyo Masyhur, peta topografi digunakan untuk merencanakan perletakan pipa yang akan digunakan dalam mendistribusikan air untuk perencanaan pipa distribusi air bersih dengan bantuan google earth dan alat GPS untuk menentukan elevasi yang ada dilapangan. Berikut ini adalah gambar peta topografi Perumahan *The OZ* Desa Karang Widoro Kecamatan Dau Kabupaten Malang.





Gambar 3.7. Peta Topografi Perumahan The OZ  
Sumber: PT.Podo Joyo Masyhur

Gambar 3.7. menjelaskan mengenai kondisi topografi diperumahan *The OZ*, namun peta topografi masih dalam keadaan sebelum pembebasan lahan, hal ini digunakan hanya untuk pelengkap data. Dalam studi ini untuk elevasi menghitung manual di setiap titik simpul nya menggunakan alat GPS.

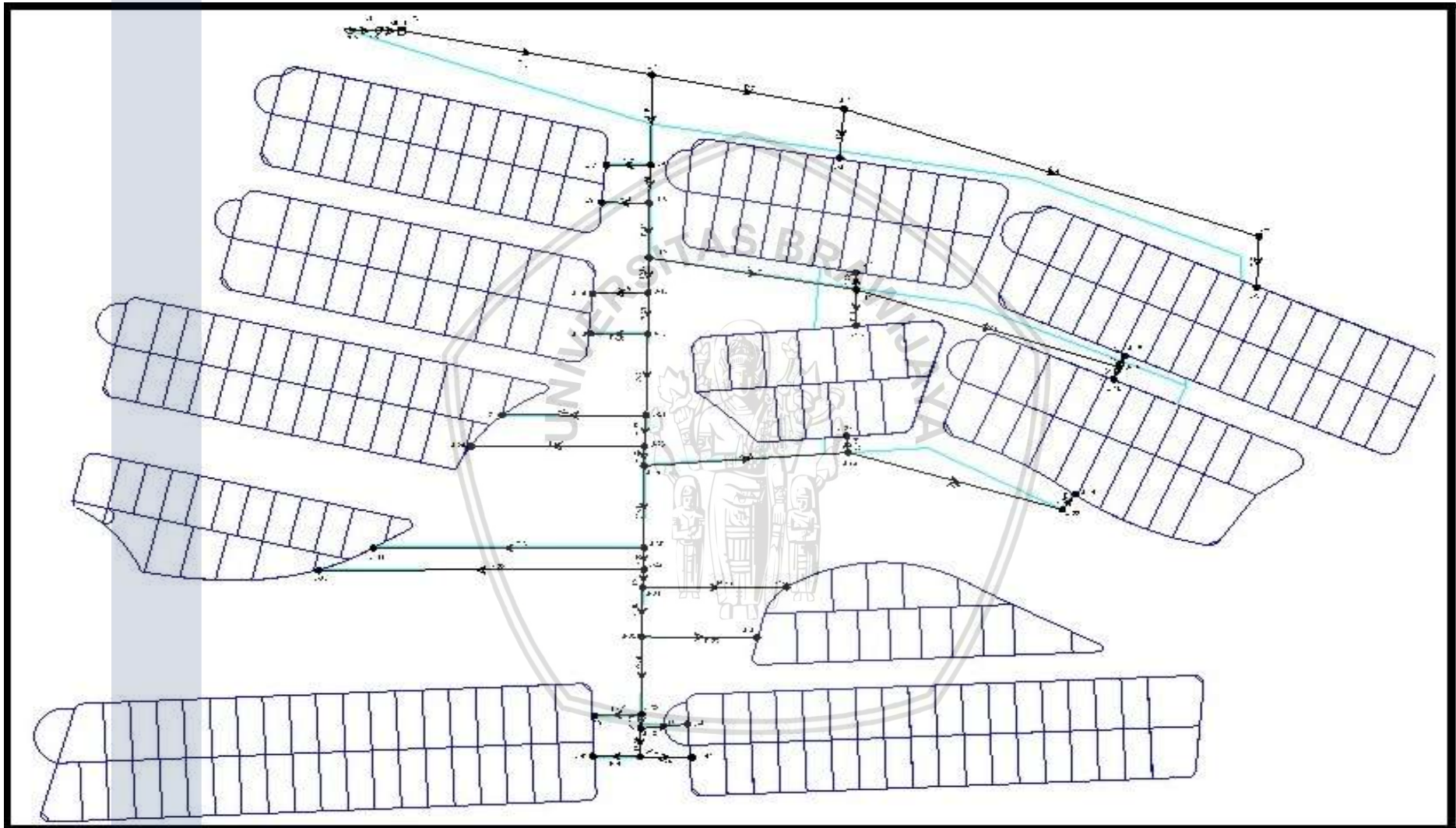
### 3.2.3 Data Kapasitas Sumber Air

Data kapasitas sumber air yang diperoleh untuk memenuhi kelengkapan dalam pengerjaan studi ini didapatkan dari PT.Podo Joyo Masyhur yaitu dengan kapasitas 10 lt/dt (Data Lapangan, 2018). Kapasitas tersebut diperlukan untuk mengetahui kemampuan sumber air tanah dalam menyediakan kebutuhan air bersih pada daerah perencanaan jaringan distribusi air bersih.

### 3.2.4 Layout dan Data Teknis Perencanaan Jaringan Distribusi Air Bersih.

Dalam pengerjaan studi ini, hal yang dilakukan adalah merencanakan layout perencanaan distribusi air, sehingga diperlukan data teknis jaringan distribusi air bersih yang sudah ditetapkan. Selain itu dibutuhkan juga data pipa seperti dimensi dan jenis pipa serta elevasi daerah pelayanan yang nantinya digunakan untuk perencanaan distribusi air bersih.





Gambar 3.8 Layout Perencanaan Jaringan Air Bersih  
Sumber: Survey Lapangan



Gambar 3.8. menjelaskan tentang *layout* Perencanaan Jaringan Air Bersih nantinya yang akan digunakan dalam pengerjaan skripsi. Sumber Air akan mengalir ke tandon lalu akan didistribusikan ke perumahan *The OZ* yang dibagi menjadi 22 Zona dengan jumlah rumah dan kebutuhan air yang berbeda. Elevasi tertinggi perumahan berada pada zona 1 dengan ketinggian +630 m dan elevasi terendah perumahan berada pada Zona 22 dengan ketinggian +619 m.

### 3.3 Langkah-langkah Studi

#### 3.3.1 Kondisi Perencanaan

Mengumpulkan data jumlah penduduk, peta topografi, menghitung kebutuhan air bersih pada perumahan *The OZ*. Setelah nilai kebutuhan air bersih didapatkan, maka pemodelan menggunakan *Software Watercad V8i* dapat dilakukan melakukan simulasi jaringan distribusi air bersih dengan *Software Watercad V8i*.

Menganalisa hasil simulasi jaringan distribusi air bersih, jika sesuai maka nilai tekanan adalah 0,5-8 atm, kecepatan 0,1-2,5 m/s, serta headloss gradient 0-15 m/km. Selanjutnya pemodelan dianggap selesai dan tidak ada kendala lagi. Jika terdapat kendala pada simulasi, maka perbaikan jaringan dapat dilakukan atau bahkan pengecekan kapasitas sumber air.

#### 3.3.2 Simulasi dengan *Software WaterCAD V8i*

Adapun langkah mensimulasikan dari data yang sudah didapat dengan menggunakan *Software Watercad V8i* antara lain:

1. Membuka *Software WaterCAD V8i*
2. Mengisi tahapan pembuatan file baru. Selanjutnya dapat dilakukan beberapa hal sebagai berikut:
  - a. Memilih Satuan Internasional (SI) sebagai satuan dalam pengerjaan di *WaterCAD V8i*.
  - b. Memilih rumus kehilangan tinggi tekan (*Hazen-Williams, Darcy Weisbach dan Manning*) dimana dalam kajian ini nantinya akan dipilih rumus kehilangan tinggi tekan *Hazen-Williams*.
  - c. Menggambar pipa berdasarkan pipa yang sudah ada.
  - d. Menggambar sistem jaringan pipa dengan memasukkan komponen menara air, titik simpul, pipa dan lain sebagainya.
3. Melakukan simulasi terhadap jaringan pipa serta menganalisis hasil yang diperoleh. Apabila hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan kriteria maka akan dilakukan suatu



perbaikan pada semua komponen sistem jaringan pipa sehingga mencapai hasil yang diharapkan.

4. Setelah dilakukan simulasi, lebih baiknya dilakukan analisis jaringan pipanya. Disini tersapat dua kemungkinan hasil :
  - a. Jika hasil memenuhi syarat, maka nilai tekanan adalah 0,5-8 atm, kecepatan 0,1-2,5 m/s, serta kemiringan garis hidrolis 0-15 m/km. Selanjutnya pemodelan dianggap selesai dan tidak ada kendala.
  - b. Jika hasil tidak memenuhi syarat, maka akan dilakukan perbaikan seperti penggantian diameter pipa serta dilakukan simulasi ulang.

### 3.3.3 Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

Adapun langkah yang akan dilakukan dalam perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah sebagai berikut:

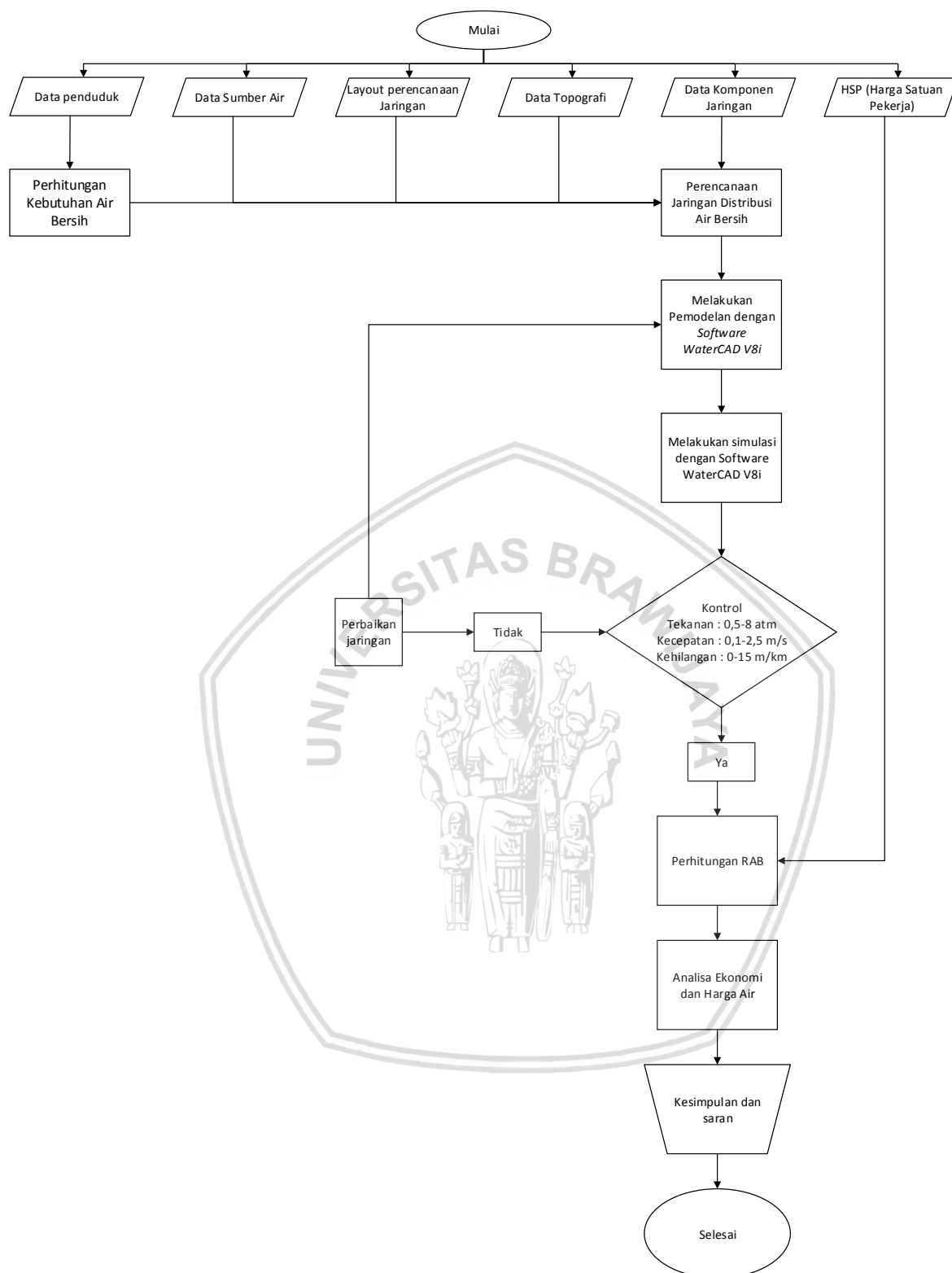
- a. Menghitung volume item pekerjaan yang akan dilakukan.
- b. Menganalisa harga satuan yang meliputi analisa harga satuan pekerja.
- c. Menghitung rencana anggaran biaya (RAB) berdasarkan analisa yang telah diperoleh dari perhitungan volume item pekerjaannya.

### 3.3.4 Perhitungan Analisa Ekonomi

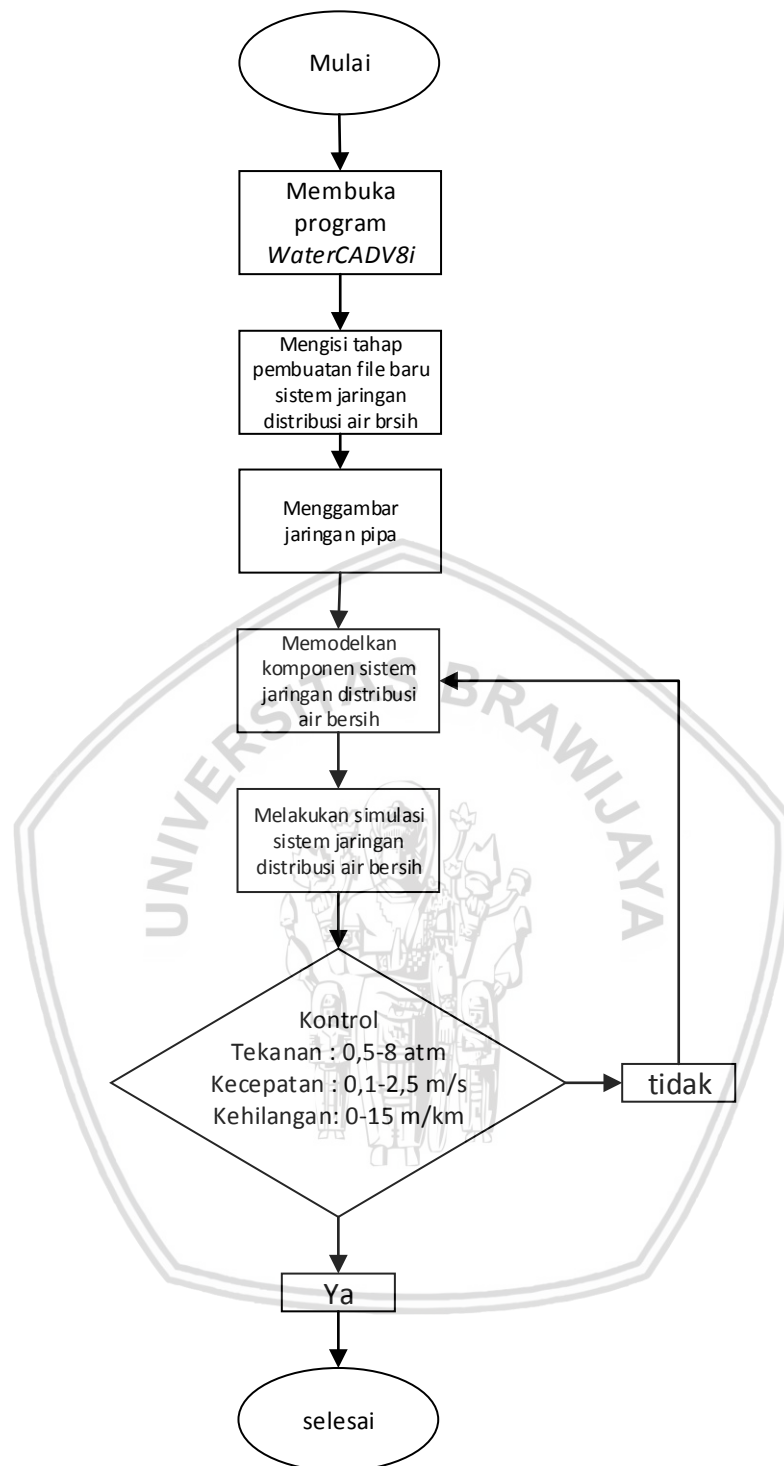
Adapun langkah yang akan dilakukan dalam perhitungan Analisa Ekonomi menggunakan 5 parameter yaitu:

- a. *Benefit Cost Ratio (BCR)*
- b. *Net Present Value (NPV)*
- c. *Internal Rate Return (IRR)*
- d. Analisa Pengembalian (*Payback Period*)
- e. Analisa Sensivitas





Gambar 3.9. Diagram alir pengerjaan skripsi



Gambar 3.10. Diagram alir penyelesaian proses simulasi jaringan pipa dengan *Software WaterCAD V8i*

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Umum**

Perhitungan yang dilakukan dalam studi ini adalah melakukan perencanaan jaringan distribusi air bersih di perumahan *The OZ* serta mengansumsi jumlah penduduk nya. Setelah mendapatkan hasil jumlah penduduk maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan kebutuhan air bersihnya yang meliputi kebutuhan air rata-rata, kebutuhan air maksimum dan kebutuhan air bersih pada saat jam puncak.

Setelah kebutuhan air bersih diketahui dan semua data telah terkumpul, maka perencanaan sistem jaringan air bersih di perumahan *The OZ* dapat dilaksanakan. Perencanaan tersebut menggunakan simulasi *Software WaterCAD V8i* dengan memodelkan setiap komponen yang ada pada sistem jaringan distribusi air bersih. Kemudian mensimulasikan sistem jaringannya. Dari hasil simulasi ini nantinya akan dikontrol dari segi hidrolis. Apabila terdapat kesalahan, maka dapat dilakukan perbaikan dari segi jaringan maupun dalam penambahan kapasitas sumber air. Namun jika tidak terdapat kesalahan, simulasi telah dianggap selesai.

#### **4.2 Jumlah Penduduk**

Jumlah penduduk pada perumahan *The OZ* didapat berdasarkan asumsi dikarenakan belum ada penduduk pada perumahan *The OZ*. Data yang diperlukan diasumsikan 5 orang per rumah, dengan keterangan 1 orang ayah, 1 orang ibu, dan 3 orang anak, rencana rumah yang akan dibangun sebesar 250 rumah, didapat data penduduknya adalah 1250 orang (Hasil Perhitungan, 2018).

#### **4.3 Perhitungan dan Analisa Kebutuhan Air Bersih**

Perhitungan kebutuhan air bersih pada Perumahan *The OZ* Desa Karang Widoro Kabupaten Malang:

##### **a. Kebutuhan Domestik dan Non Domestik**

Macam kebutuhan air bersih terdiri dari 2 macam yaitu, kebutuhan domestik dan kebutuhan non domestik. Berdasarkan asumsi PT.Podo Joyo Masyhur yang mengacu pada pedoman Ditjen Cipta Karya ketentuan kebutuhan air bersih untuk 1 orang perharinya yang digunakan dalam perhitungan kebutuhan Air menggunakan 170 lt/hari.

Sedangkan kebutuhan non domestik ditunjukkan untuk berbagai fasilitas umum, berdasarkan Permen PU tentang penyelenggaraan pengembangan SPAM tingkat pelayanan air untuk kebutuhan non domestik sebesar 15 % dari kebutuhan domestik.

b. Fluktuasi Kebutuhan Air

Besarnya Pemakaian Air pada daerah perencanaan berbeda setiap jamnya, hal ini dikarenakan terjadinya fluktuasi pada setiap jam yang dipengaruhi oleh pemakaian/faktor beban konsumen.

Dalam perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih ini didapat:

- Kebutuhan Air Rata-rata = Kebutuhan domestik + Kebutuhan non domestik
- Kebutuhan air maksimum =  $1,15 \times$  Kebutuhan air rata-rata
- Kebutuhan jam puncak =  $1,56 \times$  Kebutuhan air rata-rata

c. Kehilangan Air:

Kehilangan air dapat didefinisikan sebagai suatu angka presentase yang menunjukkan perbandingan antara volume penyediaan air (*supplied water*) dengan volume air yang dikonsumsi (*consumed water*) atau pemakaian air yang terjual (*revenue water*). Kehilangan air yang didapatkan dari air tak berekening (*Non Revenue Water*) memiliki 2 jenis :

1. Kehilangan Non Fisik (Komersial)

Kehilangan air yang secara fisik tidak terlihat, tetapi dapat diketahui dari perhitungan. Hal tersebut dikarenakan konsumsi tak resmi seperti sambungan liar dan pemakaian air tidak dibayar serta ketidakakuratan meter pelanggan dan kesalahan penanganan data.

2. Kehilangan Fisik/Teknis

Kehilangan yang disebabkan oleh kebocoran pada pipa transmisi dan atau pipa induk, kebocoran dan limpahan pada tanki reservoir, dan kebocoran pada pipa dinas hingga meter pelanggan.

Tingkat kehilangan air adalah suatu angka dalam presentase yang menunjukkan besarnya jumlah air yang merupakan hasil produksi tetapi tidak bisa tertagih atau tidak bisa menjadi pendapatan bagi perusahaan. Angka kehilangan air yang dianggap wajar atau dalam batas toleransi adalah 20%. Berikut adalah Tabel hasil dari Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Tabel 4.1.

Perhitungan Kebutuhan Air Bersih di Perumahan *The OZ*

No	Uraian	Satuan	Tahun 2018
1	Jumlah Penduduk Total	Jiwa	1250
2	Jumlah Jiwa/Rumah	Jiwa	5
3	Jumlah Rumah	Unit Rumah	250
4	Perkiraan prosentase jumlah SR	%	100
5	Kebutuhan Air untuk tiap 1 org/hr	lt/hr/org	170
6	Kebutuhan Air Domestik	lt/hr	212.500
		lt/dt	2,46
7	Kebutuhan Air NonDomestik	lt/dt	0,37
		lt/dt	3,4
8	Kebutuhan Air baku rata-rata	$m^3/hr$	293.376
		$m^3/bln$	8812,8
		$ribu m^3/thn$	105,75
9	Kebutuhan Harian Maksimum	lt/dt	3,91
10	Kebutuhan Air pada jam Puncak	lt/dt	5,304

Sumber: Hasil Perhitungan.

Pada perencanaan Perumahan *The OZ* hanya dilakukan 1 tahap yang dilaksanakan pada tahun 2018 sebanyak 250 unit rumah, akan direncanakan 100% penduduk terlayani, dengan cara meminimalisir kehilangan air, pada tahap perencanaan ini kehilangan air maksimum direncanakan 20%. Berikut ini adalah contoh perhitungan air bersih pada Perumahan *The OZ* dengan kehilangan air sebesar 20% untuk melayani 250 unit rumah dengan asumsi 1 unit rumah terdiri dari 5 orang anggota keluarga.

## 1. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan Air dengan Asumsi 170 lt/orang/hari

= Jumlah Penduduk x Kebutuhan tiap orang x Jumlah Jiwa

=  $250 \times 170 \times 5$ 

= 212.500 lt/hari

= 2,46 lt/dt

## 2. Kebutuhan Non Domestik

=  $15\% \times 2,46 \text{ lt/dt}$ 

= 0,37 lt/dt

## 3. Total Kebutuhan Air

=  $Q_{Domestik} + Q_{non domestik}$ =  $2,46 \text{ lt/dt} + 0,37 \text{ lt/dt}$ 

= 2,83 lt/dt

## 4. Kehilangan Air

$$= 20\% \times 2,83 \text{ lt/dt}$$

$$= 0,57 \text{ lt/dt}$$

## 5. Kebutuhan Air Rata Rata

$$= \text{Total Kebutuhan air} + \text{kehilangan air}$$

$$= 2,83 \text{ lt/dt} + 0,57 \text{ lt/dt}$$

$$= 3,4 \text{ lt/dt}$$

## 6. Kebutuhan Air Maksimum

$$= 1,15 \times \text{Kebutuhan air rata-rata}$$

$$= 1,15 \times 3,4 \text{ lt/dt}$$

$$= 3,91 \text{ lt/dt}$$

## 7. Kebutuhan Jam Puncak

$$= 1,56 \times \text{Kebutuhan Air rata-rata}$$

$$= 1,56 \times 3,4 \text{ lt/dt}$$

$$= 5,304 \text{ lt/dt}$$

Berdasarkan data yang diperoleh serta hasil perhitungan, maka PT. Podo Joyo Masyhur memiliki prosentase pelayanan hingga 100 %, yang artinya dari jumlah penduduk total semua akan terlayani air bersihnya, sehingga kebutuhan air bersih rata rata pada perumahan *The OZ* 3,4 lt/dt dan Kebutuhan air pada jam puncak sebesar 5,304 lt/dt. Dengan kapasitas yang tersedia di Perumahan ini adalah 10 lt/dt maka dapat dikatakan bahwa air tersedia dapat memenuhi kebutuhan air bersih di perumahan *The OZ*.



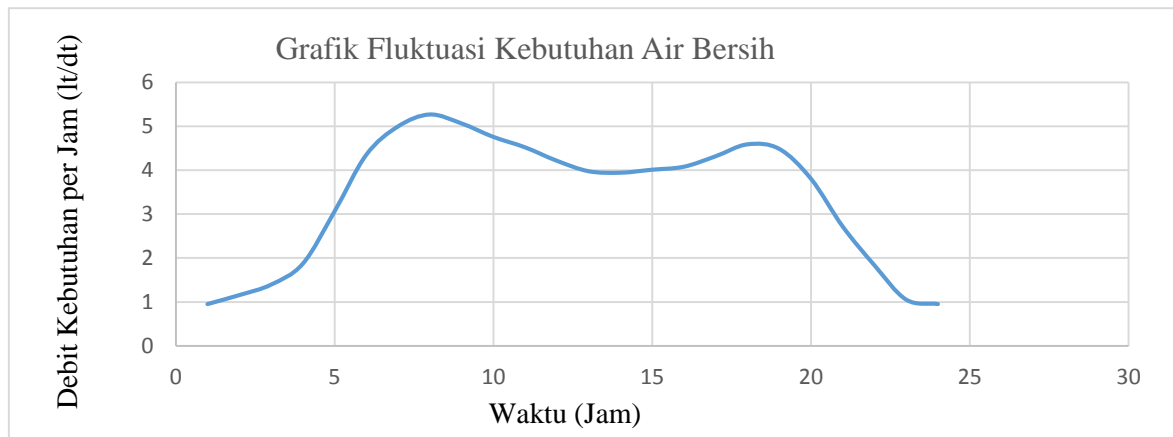
Tabel 4.2.  
Debit Kebutuhan per Jam

Jam Ke	MultiPlier	Continious Multiplier	Inflow (lt/dt)	Debit Kebutuhan Rata-rata (lt/dt)	Debit Kebutuhan per Jam (lt/dt)
0	0,25	0,28	10	3,4	0,952
1	0,31	0,34	10	3,4	1,156
2	0,37	0,41	10	3,4	1,394
3	0,45	0,55	10	3,4	1,87
4	0,64	0,9	10	3,4	3,06
5	1,15	1,28	10	3,4	4,352
6	1,4	1,47	10	3,4	4,998
7	1,53	1,55	10	3,4	5,27
8	1,56	1,49	10	3,4	5,066
9	1,42	1,4	10	3,4	4,76
10	1,38	1,33	10	3,4	4,522
11	1,27	1,24	10	3,4	4,216
12	1,2	1,17	10	3,4	3,978
13	1,14	1,16	10	3,4	3,944
14	1,17	1,18	10	3,4	4,012
15	1,18	1,2	10	3,4	4,08
16	1,22	1,27	10	3,4	4,318
17	1,31	1,35	10	3,4	4,59
18	1,38	1,32	10	3,4	4,488
19	1,25	1,12	10	3,4	3,808
20	0,98	0,8	10	3,4	2,72
21	0,62	0,54	10	3,4	1,836
22	0,45	0,31	10	3,4	1,054
23	0,37	0,28	10	3,4	0,952

Sumber: Hasil Perhitungan.

Variasi kebutuhan air akibat kebutuhan puncak harian yang terjadi pada titik simpul dengan pendekatan faktor kebutuhan air puncak (*peak factor*) pada sistem distribusi air bersih diasumsikan sudah terwakili dalam corak fluktuasi kebutuhan air bersih harian dengan metode pendekatan hasil penelitian Ditjen Cipta Karya.

Hasil perhitungan pada Tabel 4.2. antara Continious Multiplier yang dengan Kebutuhan Air rata-rata sebesar 3,4 lt/dt menjadi debit kebutuhan per Jam dengan nilai yang berbeda sesuai dengan Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih nya, dengan inflow sebesar 10 lt/dt, maka bisa dikatakan bahwa kondisi sumber air mampu mengaliri air secara terus menerus.



Gambar 4.1 Grafik Fluktuasi Debit Kebutuhan  
Sumber: Hasil Perhitungan

Pada Grafik 4.1. ini menjelaskan bahwa Kebutuhan air bersih pada jam puncak tertinggi pada jam ke 08.00 dengan debit 5,066 lt/dt, dan terendah pada jam ke 00.00 dengan debit sebesar 0,952 lt/dt. Berikut adalah Contoh perhitungan Debit Kebutuhan per Jam pada jam ke 08.00 :

Diketahui

- Kebutuhan Air rata-rata = 3,4 lt/dt
- Continious Multiplier = 1,49
- Kebutuhan Air per jam = Kebutuhan Air rata-rata x Continious Multiplier  
= 5,066 lt/dt.

#### 4.4 Hasil Simulasi menggunakan Software WaterCAD V8i

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kebutuhan air pada titik simpul adalah jumlah orang per-rumah, jumlah rumah yang terlayani dan *Load Factor*. Sedangkan, faktor faktor yang berpengaruh terhadap tekanan pada titik simpul adalah elevasi *reservoir* dengan titik simpul, debit kebutuhan dan spesifikasi pipa (diameter, panjang, dan jenis pipa) yang berhubungan dengan kehilangan tinggi tekan mayor.

*Junction* merupakan titik bayangan yang berguna sebagai titik kontrol dalam perencanaan jaringan pipa sehingga hasil yang diperoleh memenuhi standar perencanaan SNI. Data yang dibutuhkan untuk junction adalah elevasi dan demand (kebutuhan air penduduk jika ada).

Kondisi aliran yang terjadi didasarkan pada kondisi pengaliran penuh dengan kecepatan aliran  $v$  (m/dt) yang ditentukan berdasarkan debit aliran  $Q$  (lt/dt) disetiap luas penampang  $A$  ( $m^2$ ). Pada kondisi simulasi tidak permanen terjadi corak permintaan yang

berubah ubah maka dengan luas penampang yang tetap sementara debit berubah pada setiap jamnya maka kecepatan aliran yang terjadi dalam setiap jamnya berubah.

Persamaan yang digunakan dalam menentukan kehilangan energi disini adalah persamaan *Hazen-William*, kehilangan energi akan sangat dipengaruhi oleh panjang pipa, debit yang mengalir diameter pipa, dan koefisien kekasaran relatif. Semakin besar kecepatan aliran maka kehilangan energi akibat gesekan juga akan semakin besar.

Dari hasil simulasi dengan bantuan *Software WaterCAD V8i* didapat *headloss* dengan nilai yang tidak terlalu signifikan pada setiap pipa dalam sistem jaringan distribusi. Hal ini terjadi karna debit yang mengalir pada pipa mengalami perubahan baik dari diameter pipa maupun elevasi daerah studi yang relatif naik turun, oleh karna itu dalam perencanaan distribusi harus memenuhi kriteria-kriteria agar pada saat pengoprasian dapat berjalan sesuai dengan standar yang ada.

Dalam melakukan pemodelan dan simulasi menggunakan *Software WaterCAD V8i* ini meliputi sumber air, pompa, pipa, dan tandon termasuk fluktuasi muka air didalamnya, serta kondisi hidrolis yang ada yakni kecepatan, tekanan, dan *headloss gradient*.

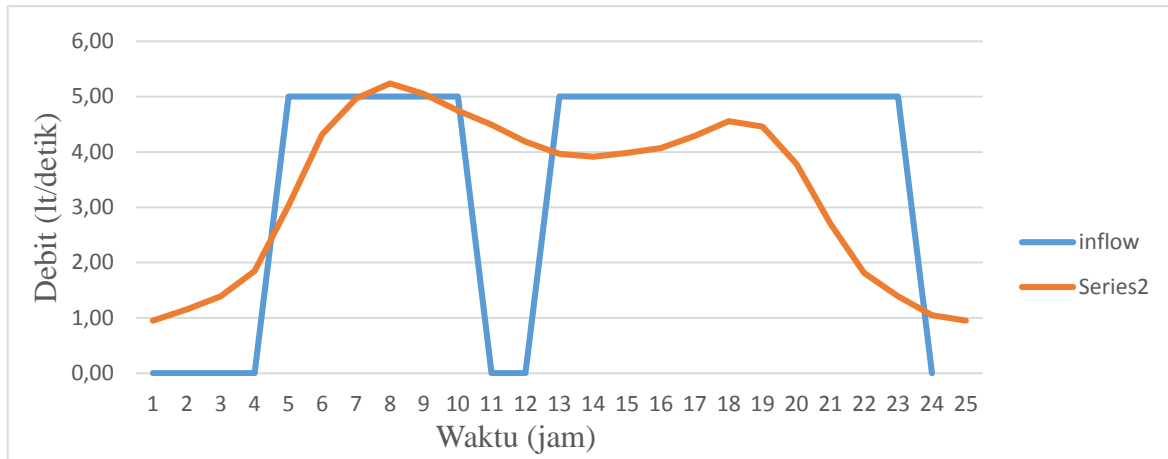
#### 4.4.1 Kondisi Sumber Air

Sumber Air yang digunakan dalam memenuhi kebutuhan air bersih menggunakan sumber air tanah yang terletak di Perumahan *The OZ* Desa Karang Widoro Kecamatan Dau Kabupaten Malang yang memiliki kapasitas sebesar 10 lt/dt. Sumber air ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan 1250 orang atau 5 orang per 1 rumahnya dengan kebutuhan air rata rata sebesar 3,4 lt/dt.

#### 4.4.2 Kondisi Eksisting Pompa

Elevasi pada sumber air perumahan *The OZ* lebih rendah dari elevasi tandon. Hal ini menjadikan PT.Podo Joyo Mashyur memberikan alternatif pompa untuk mendorong air ke elevasi yang lebih tinggi. Pompa yang tersedia di perumahan *The OZ* ini terdiri dari 1 buah pompa submersible (pompa dengan motor benam). Selanjutnya akan dijelaskan spesifikasi pompa yang digunakan dalam perencanaan.

- Tipe pompa : Submersible
- Head Pompa : 123 m
- Kapasitas Pompa : 10 lt/dt
- Efisiensi Pompa : 60 % = 6 l/dt



Gambar 4.2. Grafik Debit Total Pompa pada Kondisi Eksisting

Sumber: Hasil Simulasi Software WaterCAD V8i

Pada Grafik 4.2. menjelaskan tentang kondisi debit total pompa, pompa yang digunakan dalam perumahan *The OZ* adalah pompa submersible (pompa dengan motor benam) yang terdiri dari 1 buah pompa dan bekerja selama 17 jam dari pukul 05.00-10.00 lalu dinyalakan kembali pada pukul 13.00-23.00.

#### 4.4.3 Kondisi Eksisting Tandon

Air yang berasal dari sumber kemudian akan dipompa dan didorong menuju tandon yang berfungsi untuk menampung air sementara yang kemudian digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di Perumahan *The OZ*. Tandon ini akan terisi dari *head* pompa sebesar 123 m yang mampu mengalirkan hingga ketinggian +648 m, selanjutnya air akan dialirkan secara gravitasi ke Perumahan *The OZ*. Tandon ini tetap bekerja sesuai dengan kerja pompa sehingga ketika air habis, pompa akan menyala secara otomatis sesuai dengan jam yang telah ditentukan. Berikut ini adalah spesifikasi tandon beserta dengan perhitungan fluktuasi air dalam Tandon.

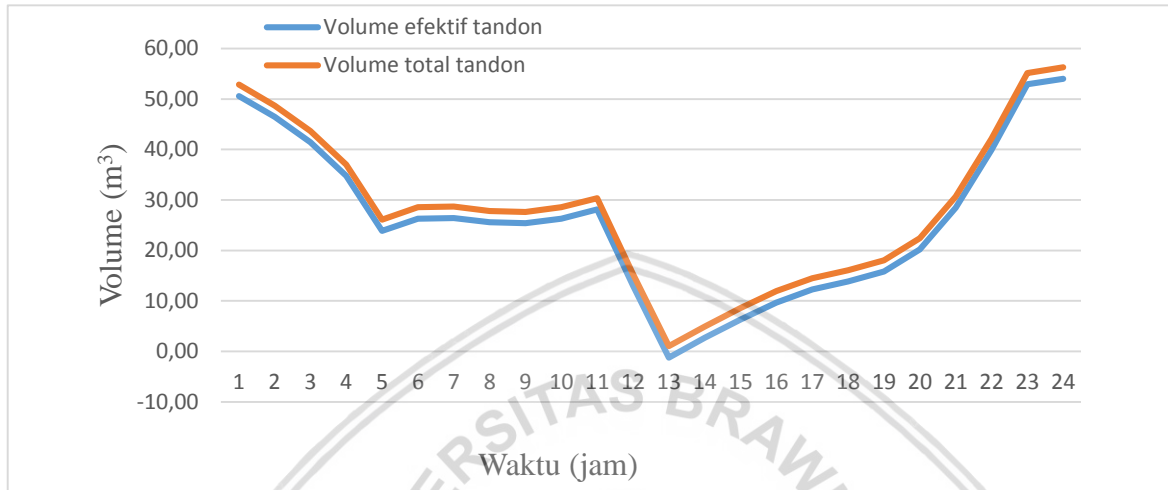
- Elevasi dasar tanah : +635 m
- Elevasi minimum : +642 m
- Elevasi Initial : +647,5 m
- Elevasi Maksimum : +648 m

Tabel 4.3.  
Rekapitulasi Perhitungan Fluktuasi Air Dalam Tandon

Jam Ke	Multiplier (faktor beban konsumen)	Continuous Multipliers	Debit Inflow lt/detik	Debit Outflow lt/detik	Net Inflow lt/detik	Volume Inflow / jam m <sup>3</sup>	Volume Outflow / jam m <sup>3</sup>	Volume Air Efektif m <sup>3</sup>	Volume Air Total m <sup>3</sup>	H Air di Tandon m
0,00	0,25	0,28	0	0,9492	-0,9492	0	3,41712	54	56,25	6,25
1,00	0,31	0,34	0	1,1526	-1,1526	0	4,14936	50,58288	52,83288	5,87032
2,00	0,37	0,41	0	1,3899	-1,3899	0	5,00364	46,43352	48,68352	5,40928
3,00	0,45	0,55	0	1,84755	-1,84755	0	6,65118	41,42988	43,67988	4,85332
4,00	0,64	0,90	0	3,03405	-3,03405	0	10,92258	34,7787	37,0287	4,1143
5,00	1,15	1,28	10	4,32225	0,67775	18	15,5601	23,85612	26,10612	2,90068
6,00	1,4	1,47	10	4,96635	0,03365	18	17,87886	26,29602	28,54602	3,17178
7,00	1,53	1,55	10	5,23755	-0,23755	18	18,85518	26,41716	28,66716	3,18524
8,00	1,56	1,49	10	5,0511	-0,0511	18	18,18396	25,56198	27,81198	3,09022
9,00	1,42	1,40	10	4,746	0,254	18	17,0856	25,37802	27,62802	3,06978
10,00	1,38	1,33	10	4,49175	0,50825	18	16,1703	26,29242	28,54242	3,17138
11,00	1,27	1,24	0	4,18665	-4,18665	0	15,07194	28,12212	30,37212	3,37468
12,00	1,2	1,17	0	3,9663	-3,9663	0	14,27868	13,05018	15,30018	1,70002
13,00	1,14	1,16	10	3,91545	1,08455	18	14,09562	-1,2285	1,0215	0,1135
14,00	1,17	1,18	10	3,98325	1,01675	18	14,3397	2,67588	4,92588	0,54732
15,00	1,18	1,20	10	4,068	0,932	18	14,6448	6,33618	8,58618	0,95402
16,00	1,22	1,27	10	4,28835	0,71165	18	15,43806	9,69138	11,94138	1,32682
17,00	1,31	1,35	10	4,55955	0,44045	18	16,41438	12,25332	14,50332	1,61148
18,00	1,38	1,32	10	4,45785	0,54215	18	16,04826	13,83894	16,08894	1,78766
19,00	1,25	1,12	10	3,77985	1,22015	18	13,60746	15,79068	18,04068	2,00452
20,00	0,98	0,80	10	2,712	2,288	18	9,7632	20,18322	22,43322	2,49258
21,00	0,62	0,54	10	1,81365	3,18635	18	6,52914	28,42002	30,67002	3,40778
22,00	0,45	0,41	10	1,3899	3,6101	18	5,00364	39,89088	42,14088	4,68232
23,00	0,37	0,31	10	1,0509	3,9491	18	3,78324	52,88724	55,13724	6,12636
24,00	0,25	0,28	0	0,9492	-0,9492	0	3,41712	54	56,25	6,25

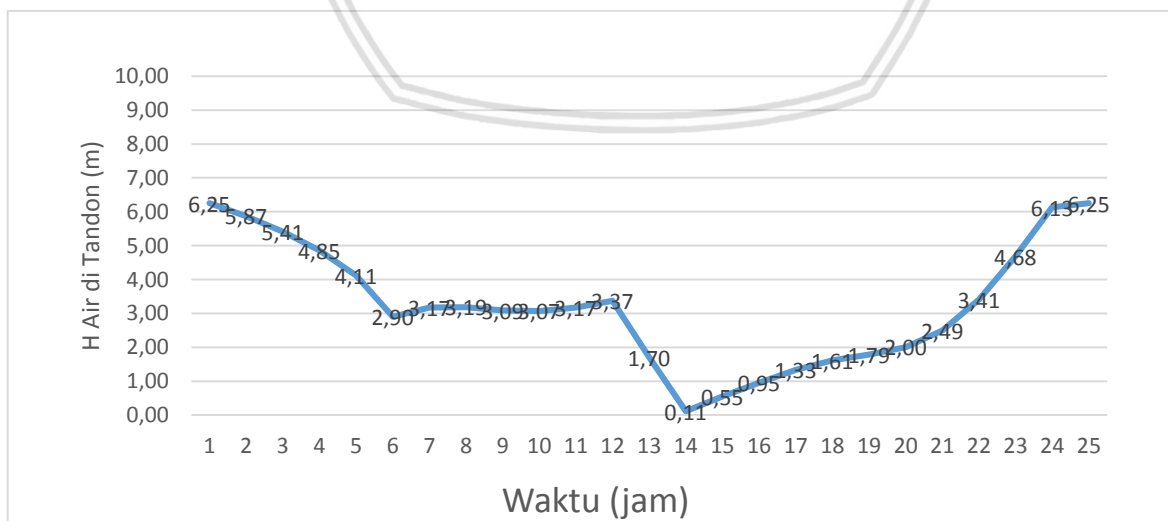
Sumber: Hasil Perhitungan.

Pada Tabel 4.3. menjelaskan Rekapitulasi Perhitungan Fluktuasi Air dalam tandon, nilai tertinggi pada debit outflow berada pada jam 7 pagi sebesar 5,23 lt/dt dengan elevasi didalam tandon setinggi 3,18m, diketahui bahwa tinggi tandon sebesar 6m, dapat disimpulkan bahwa kapasitas tandon sangat mencukupi kebutuhan air bersih di Perumahan The OZ untuk dilayani.



Gambar 4.3. Grafik antara Vol. Efektif Tandon dengan Vol. Total Tandon  
Sumber: Hasil Perhitungan.

Pada Gambar 4.3. menjelaskan perbandingan antara kondisi Volume efektif tandon dengan Volume Total dalam tandon, dapat diketahui bahwa Volume Efektif tandon dengan Volume total tandon terkecil berada pada jam 13.00 sebesar  $1,02 \text{ m}^3$ , dengan tinggi dalam tandon sebesar 0,11 m (Tabel 4.3.) ini disebabkan pada pola operasi pompa dimana pada jam 12.00 pompa dalam keadaan mati dan baru dinyalakan kembali pada jam 13.00.



Gambar 4.4. Kondisi Tinggi Air dalam Tandon  
Sumber: Hasil Perhitungan.



Pada Gambar 4.4. menjelaskan tentang Kondisi Tinggi Air dalam Menara Air, dimana pada jam 24.00 dan jam 01.00 menunjukkan nilai yang sama pada hasilnya dan berada pada puncak tertinggi muka air pada tandon, ini disebabkan karna pola operasi pompa yang telah bekerja secara maksimal. Berikut adalah contoh perhitungan tinggi muka air dalam tandon pada jam 07.00 adalah sebagai berikut :

Dimensi Tandon yang diketahui :

Lebar = 3 m

Panjang = 3 m

Tinggi = 6 m

Area =  $p \times l$   
 $= 3 \times 3$   
 $= 9 \text{ m}^2$

Volume Efektif = Area x Tinggi  
 $= 9 \times 6$   
 $= 54 \text{ m}^3$

Volume Mati = Area x Hmin  
 $= 9 \times 0,25$   
 $= 2,25 \text{ m}^3$

- Faktor Beban = 1,53 (ketentuan)
- Continious Multiplier =  $\frac{\text{faktor beban jam ke 07.00} + \text{Faktor beban jam ke 08.00}}{2}$   
 $= \frac{1,53 + 1,56}{2}$   
 $= 1,55$

- Inflow = 10 lt/dt

- Outflow = Continious Multiplier x Kebutuhan air rata rata  
 $= 1,55 \times 3,4$   
 $= 5,24 \text{ m/dt}$

- Net Inflow = Inflow – Out Flow  
 $= - 0,24 \text{ lt/dt}$   
 $= -0,86 \text{ m}^3$

Volume Komulatif Inflow = Vol. Inflow (jam) + Vol. Komulatif Inflow jam ke 06.00  
 $= 18 + 36$   
 $= 54 \text{ m}^3$

- Vol. Komulatif Outflow = Vol. Outflow (jam) + Vol. Komulatif Outflow jam ke 06.00  
 $= 18,86 + 63,58$   
 $= 82,44 \text{ m}^3$
- Volume Air Efektif = Vol. Efektif jam ke 06.00 + Net inflow jam ke 07.00  
 $= 26,30 - 0,86$   
 $= 25,56 \text{ m}^3$
- Volume Air Total = Vol. Efektif + Vol. Mati  
 $= 26,42 + 2,25$   
 $= 28,67 \text{ m}^3$
- Tinggi Tandon dalam Air =  $\frac{\text{Volume Air Total}}{\text{Luas Area}}$   
 $= \frac{28,67}{9}$   
 $= 3,19 \text{ m}$

#### 4.4.4 Kondisi Aliran Dalam Pipa

Pada kondisi aliran dalam pipa akan menghasilkan gambaran kecepatan yang diperoleh berdasarkan perbandingan antara debit (lt/s) dengan luas penampang (m) yang ada. Selain itu juga dapat untuk menentukan titik kontrol pada aliran yang berpenampang penuh dan kehilangan energi yang ada didalam pipa. Kehilangan energi dipengaruhi oleh diameter pipa, panjang pipa dan juga koefisien kekasaran relatif yang ada pada saat air melewati pipa tersebut, sehingga untuk evaluasi aliran dalam pipa pada kondisi eksisting akan ditabelkan seperti dibawah ini:

Tabel 4.4.

Hasil Simulasi Aliran Dalam Pipa Perencanaan

Label	Diameter (in)	Material Pipa	Hazen- William	Velocity (m/s)	HeadLoss Gradient (m/km)	Length (m)	Kriteria
P-A	5	Galvanized	120	0,4	0,002	1	Memenuhi
P-B	5	Galvanized	120	0,4	0,002	123	Memenuhi
P-1	3	PVC	150	1,19	0,018	70	Memenuhi
P-2	3	PVC	150	0,12	0	44	Memenuhi
P-3	2	PVC	150	0,11	0	8	Memenuhi
P-4	2	PVC	150	0,16	0,001	96	Memenuhi
P-5	2	PVC	150	0,16	0,001	6	Memenuhi
P-6	3	PVC	150	1,07	0,015	19	Memenuhi
P-7	2	PVC	150	0,11	0	10	Memenuhi

Sumber: Hasil Simulasi *Software WaterCAD V8i*

Lanjutan Tabel 4.4.  
Hasil Simulasi Aliran Dalam Pipa Perencanaan

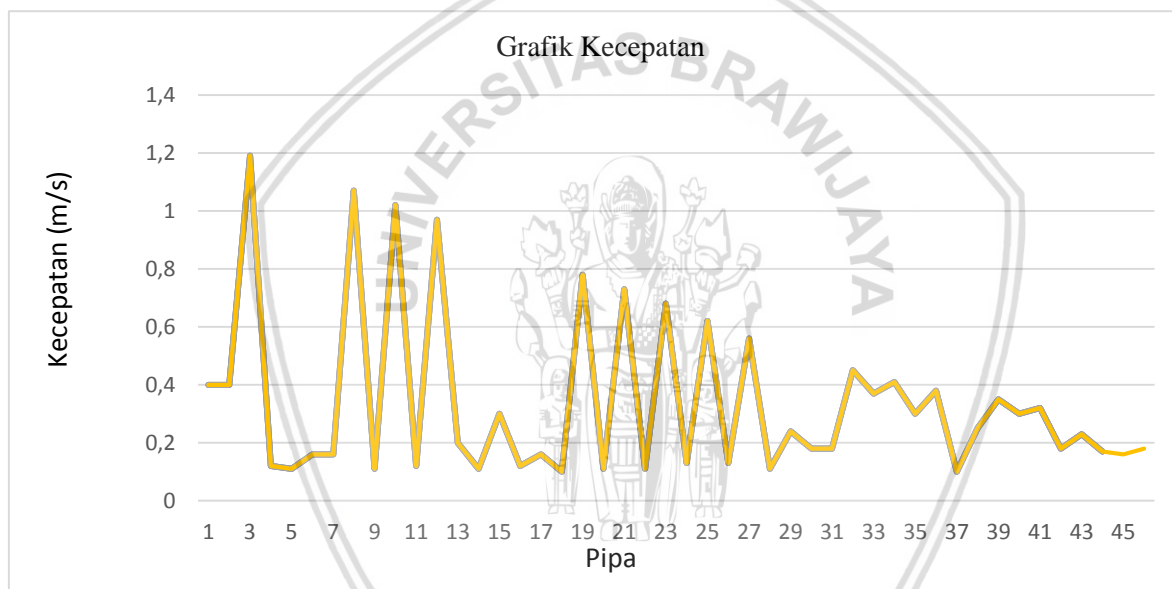
Label	Diameter (in)	Material Pipa	Hazen- William	Velocity (m/s)	HeadLoss Gradient (m/km)	Length (m)	Kriteria
P-8	3	PVC	150	1,02	0,013	10	Memenuhi
P-9	2	PVC	150	0,12	0	11	Memenuhi
P-10	3	PVC	150	0,97	0,012	18	Memenuhi
P-11	3	PVC	150	0,2	0,001	38	Memenuhi
P-12	2	PVC	150	0,11	0	7	Memenuhi
P-13	1	PVC	150	0,3	0,005	8	Memenuhi
P-14	3	PVC	150	0,12	0	86	Memenuhi
P-15	2	PVC	150	0,16	0,001	4	Memenuhi
P-16	2	PVC	150	0,1	0	4	Memenuhi
P-17	3	PVC	150	0,78	0,008	5	Memenuhi
P-18	2	PVC	150	0,11	0	12	Memenuhi
P-19	3	PVC	150	0,73	0,009	10	Memenuhi
P-20	2	PVC	150	0,11	0	12	Memenuhi
P-21	3	PVC	150	0,68	0,008	21	Memenuhi
P-22	2	PVC	150	0,13	0,001	32	Memenuhi
P-23	3	PVC	150	0,62	0,007	8	Memenuhi
P-24	2	PVC	150	0,13	0,001	39	Memenuhi
P-25	3	PVC	150	0,56	0,006	8	Memenuhi
P-26	3	PVC	150	0,11	0	41	Memenuhi
P-27	1	PVC	150	0,24	0,004	8	Memenuhi
P-28	2	PVC	150	0,18	0,001	53	Memenuhi
P-29	2	PVC	150	0,18	0,001	5	Memenuhi
P-30	3	PVC	150	0,45	0,004	17	Memenuhi
P-31	1	PVC	150	0,37	0,009	60	Memenuhi
P-32	3	PVC	150	0,41	0,003	6	Memenuhi
P-33	1	PVC	150	0,3	0,007	73	Memenuhi
P-34	3	PVC	150	0,38	0,003	5	Memenuhi
P-35	1	PVC	150	0,1	0,004	32	Memenuhi
P-36	3	PVC	150	0,25	0,002	12	Memenuhi
P-37	1	PVC	150	0,35	0,007	26	Memenuhi
P-38	3	PVC	150	0,3	0,002	20	Memenuhi
P-39	2	PVC	150	0,32	0,001	10	Memenuhi
P-40	3	PVC	150	0,18	0,001	2	Memenuhi
P-41	2	PVC	150	0,23	0,001	10	Memenuhi
P-42	3	PVC	150	0,17	0,001	8	Memenuhi
P-43	2	PVC	150	0,16	0,001	10	Memenuhi
P-44	2	PVC	150	0,18	0,001	11	Memenuhi

Sumber: Hasil Simulasi *Software WaterCAD V8i*

Pada Tabel 4.4. menjelaskan tentang hasil dari simulasi melalui *Software WaterCAD V8i* aliran dalam pipa perencanaan untuk Perumahan *The OZ* pada jam ke 07.00, dalam

melakukan perencanaan distribusi air bersih dan pemodelannya pipa yang digunakan adalah pipa Galvanized dan Pipa PVC, dengan karakteristik pipa yang berbeda, sesuai dengan kriteria yang berlaku yaitu kecepatan : 0,1-2,5 m/s ,dan *headloss gradient* : 0-15 m/km, telah memenuhi syarat sesuai dengan peraturan yang berlaku.

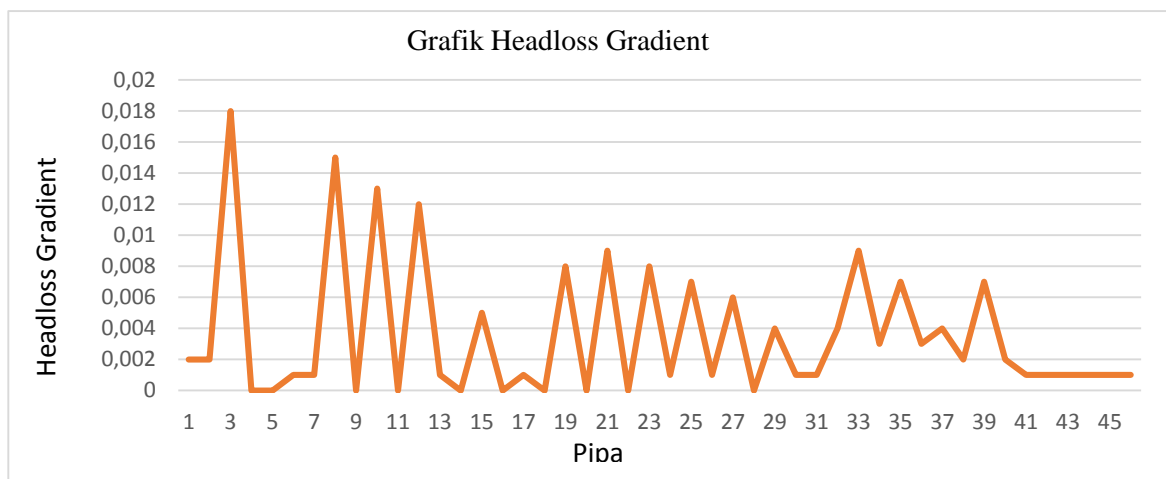
Pada P-3, P-5, P-7, P-9, P-12, P-13, P-15, P-16, P-18, P-20, P-22, P-24, P-27, P-29, P-31, P-32, P-35, P-37, P-39, P-41, P-43, P-44 menggunakan diameter 2 inch dikarenakan pipa yang digunakan untuk mendistribusikan ke masing-masing gang perumahan sehingga pemilihan diameter pipa menyesuaikan dengan kondisi yang ada dilapangan dan tidak membutuhkan diameter yang terlalu besar. Cakupan daerah layanan setiap gang ini tidak begitu banyak sehingga dengan diameter tersebut dirasa cukup dan pertimbangan efisiensi biaya.



Gambar 4.5. Kecepatan Pada Pipa Perencanaan jam ke 07.00

Sumber: Hasil Simulasi Software WaterCAD V8i

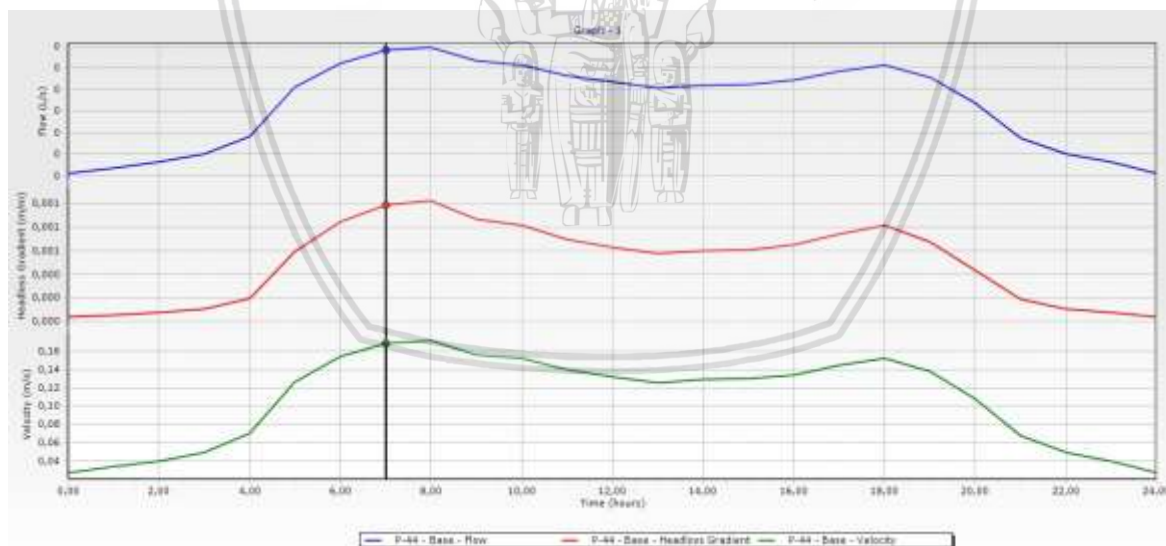
Pada Gambar 4.5. menjelaskan tentang kondisi kecepatan pada pipa perencanaan, telah memenuhi syarat sesuai peraturan yang berlaku yaitu 0,1-2,5 m/s, grafik menunjukkan penurunan disebabkan jarak yang terlalu jauh dari sumber air yang ada, namun hal ini tidak mengurangi atau melebihi dari kriteria yang ada. Pada Pipa ke-1 adalah nilai kecepatan tertinggi sebesar 1,19 m/s karna Pipa ini adalah Pipa pertama setelah air dialirkan secara gravitasi melalui tandon.



Gambar 4.6. Grafik *Headloss Gradient* Pada Pipa Perencanaan jam ke 07.00

Sumber: Hasil Simulasi *Software WaterCAD V8i*

Pada Gambar 4.6. menjelaskan tentang kondisi *headloss gradient* dalam pipa, nilai yang didapat dari hasil simulasi *Software WaterCAD V8i* ini menunjukkan bahwa kehilangan yang terjadi dari seluruh pipa tidak terlalu signifikan, ini disebabkan karena perbedaan elevasi yang ada pada perumahan *The OZ* tidak terlalu jauh beda tingginya, dapat dilihat pada Pipa-1 adalah nilai terbesar *headloss gradient* nya dikarenakan air mengalir dari tandon ke pipa 1 menggunakan gaya gravitasi.



Gambar 4.7. Grafik Kecepatan dan *Headloss Gradient* pada Pipa-44 Perencanaan

Sumber: Hasil Simulasi *Software WaterCAD V8i*

Gambar 4.7. menjelaskan tentang Grafik kondisi kecepatan dan *headloss gradient* pada Pipa-44 mewakili semua pipa karena pipa yang berada pada elevasi terendah dan jarak paling jauh dari letak sumber air. Dalam grafik ini menjelaskan bahwa pada jam ke 07.00 mewakili dalam 24 jam, air berfluktuasi menurut kebutuhan masyarakat.

Sehingga untuk mencocokkan hasil simulasi menggunakan *software* dengan perhitungan secara manual, maka akan dilakukan perhitungan pada *headloss gradient* beserta kecepatan di pipa distribusi P-44 pada jam 07.00. Berikut ini adalah contoh perhitungannya:

Contoh perhitungan Headloss Gradient dan Kecepatan di Pipa-44 pada pukul 07.00:

- Panjang Pipa = 11 m
- Debit = 2,57 l/s
- Chw = 150
- Diameter Pipa = 2 inch = 0,0508 m

Penyelesaian :

$$\text{➤ } H_f = k \cdot Q^{1,85}$$

$$k = \frac{10,675 \times L}{150^{1,85} D^{4,87}}$$

$$= \frac{10,675 \times 11}{150^{1,85} (0,0508)^{4,87}}$$

$$= 2308,108$$

$$\text{➤ } H_f = k \cdot Q^{1,85}$$

$$= 2308,108 \cdot (2,57 \times 10^{-3})^{1,85}$$

$$= 0,008 \text{ m/km}$$

$$\text{➤ } \text{Headloss Gradient} = H_f/L$$

$$= 0,0372/8$$

$$= 0,001 \text{ m/km}$$

$$\text{➤ } V_i = 0,85 \text{ Chw } R_i^{0,63} S_f^{0,54}$$

$$\text{➤ } S_f = H_f/L$$

$$= 0,001 \text{ m/km}$$

$$\text{➤ } R_i = D/4$$

$$= 0,0508/4$$

$$= 0,0127 \text{ m}$$

$$\text{➤ } V_i = 0,85 \text{ Chw } R_i^{0,63} S_f^{0,54}$$

$$= 0,85 \cdot 150 \cdot 0,0127^{0,63} \cdot 0,001^{0,54}$$

$$= 0,18 \text{ m/s}$$

Jadi, apabila dihitung secara manual pada Pipa-44 didapat *headloss gradient* sebesar 0,001 m/km dan kecepatan sebesar 0,18 m/s. Hasil perhitungan ini sama dengan hasil analisa oleh *software Watercad*. Selain itu tidak hanya kecepatan dan headloss gradient saja yang digunakan dalam mengontrol segi hidrolis, namun nilai tekanan inilah yang paling



berpengaruh pada kondisi tampang aliran penuh. Berikut ini adalah hasil simulasi tekanan menggunakan *software* Watercad yang disajikan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5.  
Hasil Evaluasi Tekanan dalam Pipa Perencanaan

Label	Elevation (m)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (atm)	Kriteria
J-1	635	644,14	1	Memenuhi
J-2	635	644,13	1	Memenuhi
J-3	628	644,13	2	Memenuhi
J-4	635	644,06	1	Memenuhi
J-5	628	644,06	2	Memenuhi
J-6	630	643,87	1	Memenuhi
J-7	630	643,86	1	Memenuhi
J-8	630	643,73	1	Memenuhi
J-9	630	643,73	1	Memenuhi
J-10	630	643,51	1	Memenuhi
J-11	628	643,49	1	Memenuhi
J-12	628	643,49	1	Memenuhi
J-13	627	643,45	2	Memenuhi
J-14	628	643,47	1	Memenuhi
J-15	628	643,47	1	Memenuhi
J-16	627	643,47	2	Memenuhi
J-17	628	643,47	1	Memenuhi
J-18	629	643,47	1	Memenuhi
J-19	628	643,38	1	Memenuhi
J-20	629	643,37	1	Memenuhi
J-21	628	643,21	1	Memenuhi
J-22	626	643,19	2	Memenuhi
J-23	628	643,15	1	Memenuhi
J-24	626	643,13	2	Memenuhi
J-25	628	643,11	1	Memenuhi
J-26	628	643,1	1	Memenuhi
J-27	627	643,06	2	Memenuhi
J-28	628	643,04	1	Memenuhi
J-29	627	643,03	2	Memenuhi
J-30	625	643,04	2	Memenuhi
J-31	623	642,47	2	Memenuhi
J-32	625	643,02	2	Memenuhi
J-33	623	642,54	2	Memenuhi
J-34	625	643,01	2	Memenuhi
J-35	622	642,87	2	Memenuhi

Sumber: Hasil Simulasi *Software WaterCAD V8i*

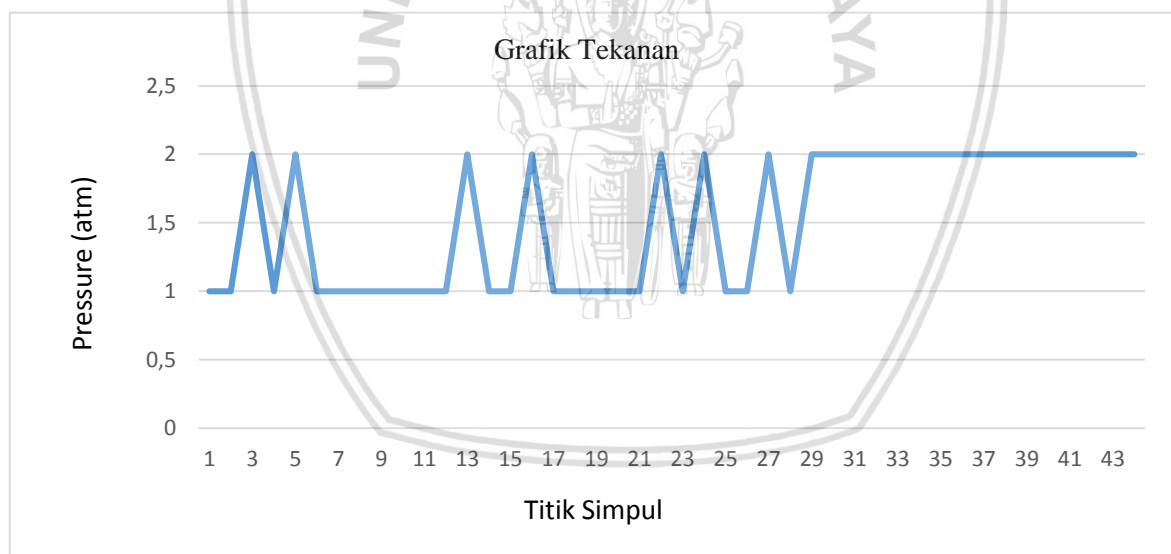
Lanjutan Tabel 4.5.

Hasil Evaluasi Tekanan dalam Pipa Perencanaan

Label	Elevation (m)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (atm)	Kriteria
J-36	623	642,98	2	Memenuhi
J-37	622	642,81	2	Memenuhi
J-38	622	642,94	2	Memenuhi
J-39	620	642,93	2	Memenuhi
J-40	621	642,94	2	Memenuhi
J-41	619	642,93	2	Memenuhi
J-42	621	642,94	2	Memenuhi
J-43	620	642,92	2	Memenuhi
J-44	619	642,92	2	Memenuhi

Sumber: Hasil Simulasi *Software WaterCAD V8i*

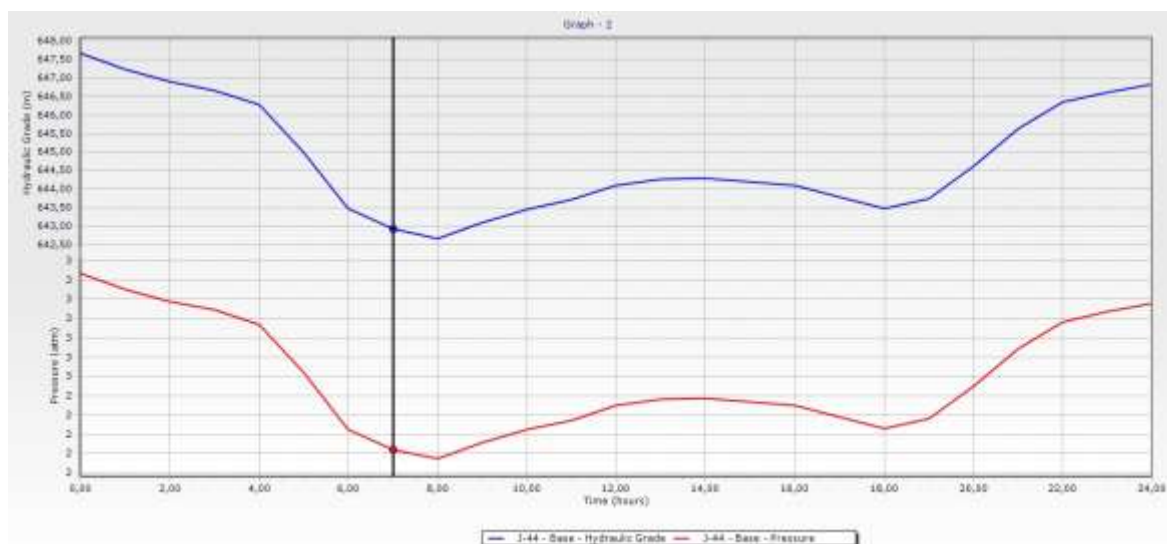
Pada Tabel 4.5. Menjelaskan tentang hasil simulasi tekanan dari *Software WaterCAD V8i*, tabel ini menunjukkan bahwa titik simpul yang tersedia dalam studi perencanaan adalah 44 Junction, dan dapat dilihat bahwa seluruh Junction yang tersedia telah memenuhi kriteria dari peraturan yang ada yakni 0,5-8 atm.



Gambar 4.8. Grafik Tekanan pada Pipa Perencanaan

Sumber: Hasil Simulasi *WaterCAD V8i*

Pada Gambar 4.8. menjelaskan tentang Grafik Tekanan pada Pipa perencanaan, dari grafik ini diketahui bahwa di Perumahan *The OZ* dalam perencanaan distribusi airnya memiliki 44 *junction* atau titik simpul, nilai tekanan yang tertera pada grafik tersebut dapat dikatakan telah memenuhi kriteria sesuai dengan peraturan yang ada yakni 0,5-8 atm. Hal ini disebabkan karena elevasi yang tidak terlalu signifikan beda tinggi nya dan jarak yang tidak terlalu jauh.



Gambar 4.9. Grafik Tekanan pada Junction-44 Pipa Perencanaan  
Sumber: Hasil Simulasi *Software WaterCAD V8i*

Adapun hasil simulasi pada J-44 menggunakan *software Watercad* diatas dilihat bahwa tekanan yang melewati pipa tersebut memenuhi kriteria yang telah ditentukan, yaitu (0,5-8 atm). Tekanan pada J-1 adalah 1 atm hingga J-44 tekanannya naik hingga 2 atm. Namun dalam alirannya disepanjang pipa tentu tekanan berubah-ubah, hal ini dapat dikarenakan faktor elevasi tanah dimana pipa diletakkan serta adanya dorongan pompa.

Sehingga untuk mencocokkan hasil simulasi menggunakan *software* dengan perhitungan secara manual, maka akan dilakukan perhitungan tekanan di J-44 pada jam 07.00. Berikut ini adalah contoh perhitungannya :

Contoh Perhitungan pada J-44 :

Diketahui :

- Hydraulic Grade = 642,92
- Elevation Junction = +619 m
- Hf = 0,0372 m

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan J-44} &= \text{Hydraulic Grade} - \text{Elevasi Junction} - H_f \\
 &= 642,92 - 619 - 0,0372 \\
 &= 2 \text{ atm}
 \end{aligned}$$

#### 4.5 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

RAB ini digunakan untuk mengestimasi biaya yang akan dikeluarkan pada perencanaan pengembangan jaringan distribusi air bersih di Perumahan *The OZ* Kelurahan Karang Widoro Kecamatan Dau Kabupaten Malang. Rencana anggaran biaya yang dilakukan berdasarkan acuan AHSP Kabupaten Malang tahun 2018. Berikut ini adalah rekapitulasi rencana anggaran biaya :

Tabel 4.6.  
Rekapitulasi Pekerjaan Pipa

Nomor	Uraian	Total Harga (Rp)
1	Pengadaan Pipa dan Aksesoris Pipa	40.200.000,00
2	Pekerjaan Pipa dan Aksesoris Pipa	26.720.900,00
Jumlah		66.920.900,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.6 menjelaskan tentang rekapitulasi pekerjaan pipa yang terdiri dari dua aspek, yakni, pengadaan pipa dan aksesoris pipa. Rekapitulasi dari Pekerjaan Pipa membutuhkan anggaran biaya sebesar Rp. 66.920.900,00 (terbilang : enam puluh enam juta sembilan ratus dua puluh ribu sembilan ratus rupiah).

Tabel 4.7.  
Rekapitulasi Pekerjaan Pompa

Nomor	Uraian	Total Harga (Rp)
1	Pengadaan Pompa dan Rumah Pompa	53.033.400,00
2	Pembangunan Pompa dan Rumah Pompa	32.743.463,24
Jumlah		85.776.863,24

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.7 menjelaskan tentang rekapitulasi pekerjaan pada pipa yang terdiri dari dua aspek, yakni, Pengadaan Pompa dan Rumah Pompa dan Pembangunan Pompa dan Rumah Pompa, Rekapitulasi dari Pekerjaan Pipa membutuhkan anggaran biaya sebesar Rp. 85.776.863 (terbilang : delapan puluh lima juta tujuh ratus tujuh puluh enam ribu delapan ratus enal puluh tiga rupiah)

Tabel 4.8.  
Rekapitulasi Pekerjaan Tandon

Nomor	Uraian	Total Harga (Rp)
1	Pengadaan Komponen Tandon	9.943.000,00
2	Pembangunan Tandon dan Komponen Tandon	164.501.776,03
	Jumlah	174.444.776,03

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.8 menjelaskan tentang Rekapitulasi Pekerjaan pada Tandon, yang terdiri dari dua aspek, yakni, pengadaan komponen tandon dan pembangunan tandon serta komponen tandonnya. Pengadaan ini membutuhkan anggaran sebesar Rp. 174.444.776,00 (terbilang : seratus tujuh puluh empat juta empat ratus empat puluh empat ribu tujuh ratus tujuh puluh enam rupiah).

Tabel 4.9.  
Rekapitulasi RAB Perencanaan Jaringan Air bersih Perumahan *The OZ*

Nomor	Uraian	Total Harga (Rp)
1	Pekerjaan Pipa	66.920.900,00
2	Pekerjaan Pompa	85.776.863,24
3	Pekerjaan Tandon	174.444.776,03
	Jumlah	327.142.539,27
	Pajak	32.714.253,93
	Jumlah + Pajak	359.856.793,20
	Dibulatkan	359.856.800,00
<i>Terbilang: Tiga Ratus Lima Puluh Sembilan Juta Delapan Ratus Lima Puluh Enam Ribu Delapan Ratus Rupiah</i>		

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada Tabel 4.9. menjelaskan tentang Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya pada Pekerjaan Pipa, pekerjaan pompa dan pekerjaan tandon, dalam Tabel 4.9. dijelaskan bahwa adanya biaya tambahan pembebanan pajak, hal ini digunakan sebagai penerimaan negara terbesar yang digunakan untuk membangun seluruh daerah atau wilayah yang ada di Indonesia. Maka dari itu rekapitulasi rencana anggaran biaya pada pekerjaan pipa sebesar Rp. 359.856.800,00. Kelengkapan tabel mengenai pengadaan barang dan pelaksanaan pekerjaan tertera pada halaman lampiran.

#### 4.6 Analisa Ekonomi

Perhitungan analisa ekonomi diawali dengan perhitungan analisa biaya dan analisa manfaat yang setelah itu dianalisa dengan menggunakan lima parameter, yaitu BCR (*Benefit Cost Ratio*), NPV (*Net Present Value*), IRR (*Internal Rate Return*), Analisa Pengembalian (*Payback Period*), dan Analisa Sensitivitas.

##### 4.6.1 Analisa Biaya

Analisa biaya dihitung berdasarkan biaya modal dan biaya tahunan terhadap biaya pembangunan, biaya operasional, dan biaya pemeliharaan.

##### 4.6.1.1 Biaya Modal

Biaya modal dihitung berdasarkan biaya modal langsung dan biaya modal tak langsung. Biaya modal langsung meliputi biaya pekerjaan dalam pembangunan, sedangkan biaya modal tak langsung meliputi biaya administrasi yang besarnya 2,5% dari biaya pembangunan, biaya konsultan pengawas yang besarnya 5% dari biaya pembangunan, dan biaya tak terduga yang besarnya 5% dari biaya pembangunan. Perhitungan analisa biaya dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10.  
Biaya Modal

Nomor	Uraian Kegiatan	Total Harga (Rp)
A	Biaya Langsung	
1	Pekerjaan Pipa	66.920.900
2	Pekerjaan Pompa	85.776.863
3	Pekerjaan Tandon	174.444.776
	Jumlah Biaya Langsung	327.142.539,00
B	Biaya Tak Langsung	
1	Biaya Administrasi	8.178.563,48
2	Biaya Konsultan Pengawas	16.357.126,95
3	Biaya Tak Terduga	16.357.126,95
	Jumlah Biaya Tak Langsung	40.892.817,38
	Jumlah	368.035.356,38
	Pajak	36.803.535,64
	Jumlah + Pajak	404.838.892,01
	Dibulatkan	404.838.900,00

Sumber: Hasil Perhitungan



Pada Tabel 4.10. menjelaskan tentang Biaya modal pada pekerjaan pipa Perumahan *The OZ*, yang dibagi menjadi dua perhitungan yakni perhitungan biaya langsung sesuai dengan rencana anggaran biaya pekerjaan pipa, dan biaya tak langsung untuk biaya administrasi, biaya konsultan pengawas dan biaya tak terduga. Dari hasil perhitungan Tabel 4.10. biaya modal untuk perumahan *The OZ* sebesar Rp. 404.838.900,- (terbilang : empat ratus empat juta delapan ratus tiga puluh delapan ribu sembilan ratus rupiah).

Tabel 4.11.  
Analisa Biaya Modal Tahunan

Tahun	Biaya (Rp)	Faktor Konveksi		Biaya Modal Tahunan (Rp)
2017	404.838.900,00			
2018	404.838.900,00	(F/P), 9,5%, 1)	1,095	50.316.607,08
		(A/P), 9,5%, 20)	0,11351	

Sumber: Hasil Perhitungan.

Pada Tabel 4.11. menjelaskan tentang Analisa biaya Modal Tahunan, Perhitungan biaya modal total didapatkan dari perkalian antara biaya modal dengan faktor konversi terhadap suku bunga yang ditentukan dan usia guna pembangunan. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui analisa biaya modal total pada waktu yang akan datang tiap tahunnya. Oleh karena itu, studi perencanaan ini pekerjaan pembangunan selesai pada tahun 2018 dengan suku bunga yang ditentukan sebesar 9,5 % (suku bunga BI tertanggal 21 Juni 2018) dan usia guna pembangunannya ditentukan selama 20 tahun.

#### 4.6.1.2 Biaya Tahunan

Biaya tahunan dihitung berdasarkan biaya modal tiap tahun dan biaya operasional tiap tahun terhadap usia guna pembangunan dengan hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 4.12. dan Tabel 4.13.

Tabel 4.12.  
Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Nomor	Uraian Kegiatan	Volume	Biaya (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Gaji Pengelola HIPPAM	11	1.500.000	16.500.000
2	Biaya Listrik	12	1.000.000	12.000.000
3	Biaya Pemeliharaan Rutin dan Berkala	12	500.000	6.000.000
4	Biaya Pengadaan Barang	12	250.000	3.000.000
5	Biaya Lain-Lain	12	100.000	1.200.000
Jumlah				38.700.000
Pajak				3.870.000
Jumlah + Pajak				42.570.000

Sumber: Hasil Perhitungan.

Pada Tabel 4.12. menjelaskan tentang biaya operasional dan pemeliharaan, yang nantinya berfungsi agar pengoperasian dan pemeliharaan pendistribusian air di Perumahan *The OZ* tetap berjalan sebagaimana mestinya. Tabel 4.12. menjelaskan bahwa pengoprasian dan pemeliharaan distribusi air Perumahan *The OZ* ini dikelola oleh HIPPAM dan bukan PDAM, untuk itu adanya anggaran Gaji Pengelola HIPPAM. Untuk biaya operasional dan pemeliharaan Perumahan *The OZ* ini sebesar Rp. 42.570.000,- (empat puluh dua juta lima ratus tujuh puluh ribu rupiah).

Tabel 4.13.  
Biaya Total Tahunan

Tahun	Biaya Modal (Rp)	Biaya Operasional dan Pemeliharaan (Rp)	Total Biaya Tahunan (Rp)
2018	50.316.607,08	0	50.316.607,08
2019	50.316.607,08	42.570.000,00	92.886.607,08
2020	50.316.607,08	42.570.000,00	92.886.607,08
2021	50.316.607,08	42.570.000,00	92.886.607,08
2022	50.316.607,08	42.570.000,00	92.886.607,08
2023	50.316.607,08	42.570.000,00	92.886.607,08
2024	50.316.607,08	42.570.000,00	92.886.607,08
2025	50.316.607,08	42.570.000,00	92.886.607,08
2026	50.316.607,08	42.570.000,00	92.886.607,08

Sumber: Hasil Perhitungan.

Pada Tabel 4.13. menjelaskan tentang Biaya modal tahunan, Perhitungan biaya modal total didapatkan dari perkalian antara biaya modal dengan faktor konversi terhadap suku

bunga yang ditentukan dan usia guna pembangunan. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui analisa biaya modal total pada waktu yang akan datang tiap tahunnya.

#### 4.6.2 Analisa Manfaat

Analisa manfaat dihitung berdasarkan keuangan yang didapatkan dari hasil pembangunan selama usia guna pembangunan. Perhitungan analisa manfaat didapatkan dari perkalian antara total kebutuhan air dengan harga air ketika nilai biaya sama dengan nilai manfaat. Adapun perhitungan analisa manfaat adalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan Air :  $105.753,00 \text{ m}^3/\text{thn}$
  2. Kehilangan Air :  $15\% \times \text{Kebutuhan air rerata}$   
 $: 15\% \times 105.753,00$   
 $: 15.862,950 \text{ m}^3/\text{thn}$
  3. Total Manfaat Air : kebutuhan air rerata – kehilangan air  
 $: 105.753,00 \times 15.862,950$   
 $: 89890,050 \text{ m}^3/\text{thn}$
- B/C = 1, sehingga B = C
1. Biaya Tahunan : Rp. 92.886.607,08,-
  2. Harga Air : Biaya Tahunan/ total manfaat air  
 $: 92.886.607,08/89.890,050$   
 $: \text{Rp. } 1033,34,-/\text{m}^3$
  3. Analisa Manfaat : Total Manfaat Air x Harga Air  
 $: 89.890,050 \times 1033,34$   
 $: \text{Rp. } 92.886.607,08,-$

#### 4.6.3 Parameter Analisa Ekonomi

Parameter analisa ekonomi yang digunakan dalam studi perencanaan ini adalah BCR (*Benefit Cost Ratio*), NPV (*Net Present Value*), IRR (*Intern Rate Return*), Analisa Pengembalian (*Payback Period*), dan Analisa Sensitivitas.

##### 4.6.3.1 *Benefit Cost Ratio* (BCR)

BCR (*Benefit Cost Ratio*) didapatkan dari perbandingan antara manfaat tahunan dengan biaya tahunan dengan hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14.

*Benefit Cost Ratio* (BCR) Tiap Kenaikan Suku Bunga

Suku Bunga	Total Biaya Tahunan (C) (Rp)	Total Manfaat Tahunan (B) (Rp)	B/C
9%	90.911.610,63	116.857.065,00	1,28539
9,5%	92.886.607,08	116.857.065,00	1,25806
10%	94.877.614,91	116.857.065,00	1,23166
11%	99.002.032,66	116.857.065,00	1,18035
12%	103.273.811,76	116.857.065,00	1,13153
13%	107.690.563,68	116.857.065,00	1,08512
14%	112.254.353,08	116.857.065,00	1,04100
15%	116.948.622,06	116.857.065,00	0,99922

Sumber: Hasil Perhitungan.

Pada Tabel 4.14. menjelaskan tentang hasil perhitungan *Benefit Cost Ratio* (BCR) setiap kenaikan suku bunga yang dikonversikan dengan usia guna pembangunan dan total biaya pembangunan, yang nanti hasilnya apakah pembangunan ini dikatakan layak atau tidak. Berikut adalah contoh perhitungan *Benefit Cost Ratio* (BCR) adalah :

1. Suku Bunga = 9,5%
2. Usia Guna Pembangunan = 20 tahun
3. Total Biaya Pembangunan = Rp. 50.316.607,08,-/tahun
4. Total Biaya O&P = Rp. 42.570.000,-/tahun
5. Total Biaya Tahunan = total biaya pembangunan + total biaya o&p  
= 50.316.607,08 + 42.570.000  
= Rp. 92.886.607,08,-/tahun
6. Total Kebutuhan Air = 88.890,050  $m^3$ /thn
7. Penetapan Harga Air = Rp. 1300,-/  $m^3$
8. Total Manfaat Tahunan = total kebutuhan air x penetapan harga air  
= 88.890,050 x 1300  
= Rp. 116.857.065,00,-/tahun
9. B/C = total manfaat tahunan/total biaya tahunan  
= 116.857.065,00/92.886.607,08  
= 1,25806
10. B/C > 1, maka pekerjaan bangunan layak secara ekonomi

#### 4.6.3.2 Net Present Value (NPV)

NPV (*Net Present Value*) didapatkan dari selisih antara manfaat tahunan dengan biaya tahunan dengan hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 4.15

Tabel 4.15.

*Net Present Value* (NPV) Tiap Kenaikan Suku Bunga

Suku Bunga	Total Biaya Tahunan (C) (Rp)	Total Manfaat Tahunan (B) (Rp)	B-C
9%	90.911.610,63	116.857.065,00	25.945.454,37
9,5%	92.886.607,08	116.857.065,00	23.970.457,92
10%	94.877.614,91	116.857.065,00	21.979.450,09
11%	99.002.032,66	116.857.065,00	17.855.032,34
12%	103.273.811,76	116.857.065,00	13.583.253,24
13%	107.690.563,68	116.857.065,00	9.166.501,32
14%	112.254.353,08	116.857.065,00	4.602.711,92
15%	116.948.622,06	116.857.065,00	-91.557,06

Sumber: Hasil Perhitungan.

Pada Tabel 4.15. menjelaskan tentang hasil perhitungan *Net Present Value* (NPV) setiap kenaikan suku bunga yang dikonversikan dengan total biaya tahunan dan total manfaat tahunan, yang nanti hasilnya apakah pembangunan ini dikatakan layak atau tidak sesuai dengan parameter yang berlaku.

Contoh perhitungan *Net Present Value* (NPV) adalah sebagai berikut :

1. Suku Bunga = 9,5%
2. Usia Guna Pembangunan = 20 tahun
3. Total Biaya Pembangunan = Rp. 50.316.607,08,-/tahun
4. Total Biaya O&P = Rp. 42.570.000,-/tahun
5. Total Biaya Tahunan = total biaya pembangunan + total biaya o&p  
= 50.316.607,08 + 42.570.000  
= Rp. 92.886.607,08,-/tahun
6. Total Kebutuhan Air = 89.890,050  $m^3$ /thn
7. Penetapan Harga Air = Rp. 1300,-/  $m^3$
8. Total Manfaat Tahunan = total kebutuhan air x penetapan harga air  
= 89.890,050 x 1300  
= Rp. 116.857.065,00,-/tahun

9. NPV = total manfaat tahunan/total biaya tahunan  
 = 116.857.065,00 – 92.886.607,08  
 = Rp. 23.970.457,92,-/tahun

10. NPV > 0, maka pekerjaan bangunan layak secara ekonomi.

#### 4.6.3.3 Internal Rate Return (IRR)

IRR (*Internal Rate Return*) didapatkan dari suku nilai suku bunga positif, nilai suku bunga negatif, nilai B-C positif, dan nilai B-C negatif, adapun perhitungan IRR (*Internal Rate Return*) adalah sebagai berikut:

1. Suku bunga positif ( $I'$ ) = 14%
2. Suku bunga negatif ( $I''$ ) = 15%
3. B-C positif ( $NPV'$ ) = Rp 4.602.711,-
4. B-C negatif ( $NPV''$ ) = Rp -91.557,06,-
5. IRR (*Internal Rate Return*) =  $I' + \frac{NPV'}{(NPV' - NPV'')}(I'' - I')$   

$$= 14\% + \frac{4.602.711,00}{(4.602.711,00 - 91.557,06)}(14\% - 15\%)$$
  

$$= 14,98050 \%$$
6. IRR (*Internal Rate Return*) > 9,5% (suku bunga yang berlaku), maka pekerjaan pembangunan layak secara ekonomi

#### 4.6.3.4 Analisa Pengembalian (*payback periode*)

Analisa pengembalian (*payback period*) didapatkan dari perbandingan biaya pembangunan dengan selisih antara manfaat tahunan dan biaya O&P, adapun perhitungan analisa pengembalian (*payback period*) adalah sebagai berikut:

1. Total biaya pembangunan = Rp 404.838.900,-
2. Total manfaat tahunan = Rp 116.857.065,-/tahun
3. Total biaya O&P = Rp 42.570.000,00/tahun
4. Analisa pengembalian = total biaya pembangunan / total manfaat tahunan  
 – total biaya O&P  

$$= 404.838.900 / 116.857.065 - 42.570.000,00$$
  

$$= 5,450 \text{ tahun}$$
5. Analisa pengembalian < 20 tahun, maka pekerjaan pembangunan layak secara ekonomi



#### 4.6.3.5 Analisa Sensivitas

Analisa sensitivitas adalah parameter yang digunakan untuk menganalisa ekonomi suatu pekerjaan pembangunan dengan memperkirakan kejadian tak terduga, pada studi perencanaan ini ditentukanlah sepuluh kondisi dengan hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 4.16 dihalaman selanjutnya.

Tabel 4.16.  
Analisa Sensivitas

Nomor	Uraian Kondisi	B/C	B-C (Rp)	Harga Air (Rp)
1	Biaya Naik 10%, Manfaat Tetap	1,14369	14.681.797,21	1.181,82
2	Biaya Naik 10%, Manfaat Turun 10%	1,02932	2.996.090,71	1.063,64
3	Biaya Tetap, Manfaat Naik 10%	1,38387	35.656.164,42	1.430,00
4	Biaya Tetap, Manfaat Turun 10%	1,13226	12.284.751,42	1.170,00
5	Biaya Turun 10%, Manfaat Tetap	1,39785	33.259.118,63	1.444,44
6	Biaya Turun 10%, Manfaat Naik 10%	1,53763	44.944.825,13	1.588,89
7	Usia Guna Pembangunan Berkurang 5 Tahun	1,25806	23.970.457,92	1.300,00
8	Usia Guna Pembangunan Bertambah 5 Tahun	1,25806	23.970.457,92	1.300,00
9	Suku Bunga Menjadi 10%	1,08512	9.166.501,32	1.121,29
10	Pembangunan Mundur 3 Tahun	1,25806	23.970.457,92	1.300,00

Sumber: Hasil Perhitungan.

Pada Tabel 4.16. menjelaskan tentang analisa sensitivitas, dilihat pada tabel terdapat keterangan manfaat dan biaya yang diturunkan atau dinaikan 10%, agar sebuah pemangunan dapat berjalan baik, usia guna pembangunan berkurang atau bertambah 5 tahun, dan suku bunga menjadi 10%. Dengan melihat kemungkinan-kemungkinan tak terduga selama masa pembangunan. dapat diketahui pada Tabel 4.16. ketika pembangunan mundur selama 3 tahun hal ini tidak merubah harga air yang telah ditetapkan sebelumnya.

#### 4.6.4 Penentuan Harga Air

Penentuan harga air ditentukan saat kondisi  $B/C > 1$ , kondisi  $B = C$ , dan kondisi dimana biaya operasi dan biaya pemeliharaan dibebankan kepada masyarakat, namun biaya proyek 100% diabaikan. Berikut hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17.  
Penentuan Harga Air

Nomor	Uraian Kondisi	Harga Air Rp/m <sup>3</sup>
1	Harga Air Saat $B/C > 1$	1.300
2	Harga Air Saat $B=C$	1.033,34
3	Harga Air Saat Biaya Konstruksi 100% diabaikan	473,58

Sumber: Hasil Perhitungan.

Pada Tabel 4.16. menjelaskan tentang penentuan harga air yang nantinya akan digunakan untuk pemberian tarif terhadap konsumen pemakai air, terdapat tiga kondisi penentuan harga air, yakni ketika harga air  $B/C > 1$ , harga air  $B=C$ , dan harga air saat biaya konstruksi 100% diabaikan. Namun dalam studi menetapkan harga air yang digunakan menawarkan 2 alternatif, yakni,  $B/C=1$  dengan harga Rp. 1.300,- (seribu tiga ratus rupiah), dan Harga Air saat biaya konstruksi 100% diabaikan dengan harga Rp. 473,58,- (empat ratus tujuh puluh tiga koma lima delapan rupiah).

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan pada BAB sebelumnya dan analisa serta pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Total kebutuhan air bersih rata rata di Perumahan The OZ dengan jumlah 250 unit rumah dan perkiraan 1250 orang sebesar 3,4 lt/dt. Sementara kapasitas debit sumber air yang tersedia di Perumahan *The OZ* itu sendiri sebesar 10 lt/dt. Dapat disimpulkan bahwa dengan kapasitas sumber air yang tersedia dan kebutuhan air yang diperlukan sangat cukup untuk memenuhi kebutuhan masyarakat di Perumahan *The OZ* nantinya.
2. Untuk hasil perencanaan komponen hidrolis sistem jaringan distribusi air bersih di Perumahan *The OZ* menggunakan *Software WaterCAD V8i* dapat disimpulkan telah menunjukan hasil *running* berwarna hijau, yang berarti semua sistem jaringan telah berjalan dengan lancar tanpa adanya masalah, dapat dilihat pada Pipa-44 pada jam ke 00.00 menunjukan hasil kecepatan sebesar 0,03 m/s, hasil *headloss gradient* sebesar 0 m/km dan hasil tekanan sebesar 3 atm, meski tidak sesuai dengan kriteria untuk kecepatan pada Pipa-44 jam ke 00.00 hal ini dapat diterima dikarenakan berada pada jam minimum penggunaan air. Dapat dilihat pada Pipa-44 pada jam ke 07.00 menunjukan hasil kecepatan sebesar 0,17 m/s, hasil *headloss gradient* sebesar 0,001 m/km dan hasil tekanan sebesar 2 atm, Hasil tersebut telah memenuhi syarat sesuai dengan peraturan SNI yang berlaku.
3. Rencana Anggaran Biaya yang diperlukan untuk pengadaan pipa dan pekerjaan pipa di Perumahan *The OZ* sebesar Rp. 404.838.900,-.
4. Analisa Ekonomi terhadap pekerjaan pembangunan jaringan distribusi air bersih di Perumahan *The OZ* akan menghasilkan tarif harga air yang nantinya digunakan sebagai acuan pembayaran masyarakat.
  - a. Menggunakan 5 parameter, yaitu, BCR (*Benefit Cost Ratio*)  $B/C = 1,25806$  (kriteria :  $B/C > 1$ , pembangunan layak dilakukan), NPV (*Net Present Value*)  $NPV = \text{Rp. } 23.970.457,92,-$  (kriteria :  $NPV > 0$ , pembangunan layak dilakukan), IRR (*Internal Rate Return*)  $IRR = 14,98050\%$  (kriteria :  $IRR > 9,5\%$ , pembangunan layak dilakukan), Analisa Pengembalian (*payback periode*) akan kembali pada tahun ke 5,450 (kriteria : analisa pengembalian  $< 20$  tahun, pembangunan layak secara

ekonomi), dan Analisa Sensivitas dengan pertimbangan manfaat dan biaya diturunkan atau dinaikan 10 %, usia guna pembangunan berkurang atau bertambah 5 tahun dan pembangunan mundur 3 tahun, dapat ditarik kesimpulan bahwa proyek tetap bisa berjalan dengan baik. Hasil dari ke 5 parameter tersebut telah memenuhi peraturan yang ada, sehingga dapat disimpulkan bahwa proyek jaringan distribusi air bersih di Perumahan *The OZ* layak dilakukan.

- b. Setelah melakukan analisa ekonomi dengan ke lima parameter tersebut maka dapat diketahui besar harga air pada Perumahan *The OZ* pada tiga kondisi ketika  $B=C$  sebesar Rp.1.033,34,-,  $B/C > 1$  sebesar Rp.1.300,-, dan biaya konstruksi 100 % diabaikan dengan harga Rp. 473,58,-. Dapat ditarik kesimpulan bahwa harga air menggunakan dua alternatif pada saat kondisi  $B/C > 1$  dengan harga Rp.1.300,00 dan biaya konstruksi 100% diabaikan atau masyarakat hanya menanggung biaya operasional dan pemeliharaan saja dengan harga Rp. 473,58,00. sehingga dengan harga yang relatif murah mampu memenuhi kebutuhan air bersih di Perumahan *The OZ*.

## 5.2 Saran

Saran dari hasil pembahasan yang telah dilakukan terhadap studi ini adalah sebagai berikut :

1. Peran instansi terkait yaitu PT. Podo Joyo Masyhur, dalam menentukan harga air agar senantiasa memperhatikan tingkat kemampuan dan kesanggupan masyarakat untuk memperoleh air tersebut, sehingga semua kalangan masyarakat dapat menikmati produk air bersih dan tentunya instansi juga memperoleh keuntungan.
2. Peran Masyarakat untuk menjaga kelestarian alam disekitar sumber air agar kualitas dan kuantitas air bersih yang dihasilkan tetap bisa dinikmati secara terus-menerus.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bentley Methods. 2007. *User's Guide WaterCAD V8i for Windows WATERBUY CT. USA*: Bentley. Press.
- DPU Ditjen Cipta Karya, 1987. *Pedoman Kebijakan Program Pembangunan Prasarana Kota Terpadu(P3KT)*. Jakarta: DPU Ditjen Cipta Karya.
- Giatman, M. 2007. *Ekonomi Teknik*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Kabupaten Malang, 2018. *Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Pekerjaan Umum*. Kabupaten Malang: Dinas Pekerjaan Umum.
- Karwan, 2013. *Pengetahuan Bahan Plambing*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Kuiper, Edwars. 1973. *Water Resources Project Economic*. Canada.
- Linsley, Ray K, dan Yoseph B. Franzizi. 1996. *Teknik Sumber Daya Air*. Terjemahan Oleh Djoko Sasongko Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Pengairan, Himpunan Mahasiswa, 2017. *Tutorial WaterCAD*: FT Pengairan Brawijaya.
- Priyantoro, Dwi. 1991. *Hidralika Saluran Tertutup*. Malang: Jurusan Pengairan Faklutas Teknik Universitas Brawijaya.
- Raswari. 2010. *Teknologi Perencanaan Sistem Jaringan Perpipaan*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi*. Jilid I. Bandung: Nova.
- Triadmodjo, Bambang. 1996. *Hidraulika II*. Edisi Kedua. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triadmadja, Radiana. 2013. *Hidraulika Sistem Jaringan Perpipaan Air Minum*. Yogyakarta: Beta Offset.



Halaman ini sengaja dikosongkan